IL TAGLIAMARE

Collana diretta da Mauro Mancini

28



Silvano Rebola

la navigazione con il calcolatore tascabile

CALCOLATORE NAUTICO

Capitan Ventodifrua
"Pronti alla manovra!"



IL TAGLIAMARE

28

Silvano Rebola

la navigazione con il calcolatore tascabile

Nistri-Lischi - Pisa

INDICE

la navigazione
con il calcolatore tascabile

INTRODUZIONE

In questi ultimi anni, parallelamente allo sviluppo dell'attività della vela nelle sue diverse forme più o meno sportive, dalle traversate di oceani alle più calme abitudini delle vacanze a vela, vi è stata una florida fioritura di libri e manualetti aventi per scopo la divulgazione della navigazione astronomica ad uso del diportista.

In generale tra tutti i libri nautici o « marinari » che si sono fatti uno spazio loro nelle varie librerie domestiche, anche i libri più propriamente tecnici si sono diffusi in modo notevole, tutti insieme concorrendo a prolungare la stagione della vela per tutto l'anno, e ciò vale per quei molti poco fortunati che non la possono praticare invece con continuità per tutte le stagioni.

Tra tutti questi libri, quelli di navigazione astronomica, ciascuno con i propri pregi ed i propri difetti, tendono a dimostrare al non addetto ai lavori che, in fondo, non è difficile fare il punto nave mediante le osservazioni delle altezze di Sole, Luna e qualche volta stelle. Il « segreto » di questa semplicità (a volte non così immediatamente percepibile...) risiede sempre nella utilizzazione, il più delle volte meramente meccanica, delle tavole HO 214 oppure HO 249 insieme con le Effemeridi Nautiche, cioè la pubblicazione annuale I.I. 3132 dell'Istituto Idrografico della Marina.

Ci sono poi altri sistemi di calcolo che non usano le tavole HO, ma delle opportune tabelline e tra queste citiamo quelle di Dieumegard e Bataille, semplicissimi libretti di poche pagine che permettono di ottenere lo stesso risultato a patto di sobbarcarsi qualche acrobazia mnemonica in più.

Questi ultimi sistemi sono stati propagandati particolarmente dai francesi, e se ne ha menzione anche in parecchi libri non propriamente tecnici, come racconti di avventure di mare.

I metodi di calcolo su cui si basano sono tuttavia da tempo noti a tutti gli specialisti e compaiono nei sacri testi della Astronomia Nautica. In varie epoche si è sempre cercato di semplificare i calcoli che all'epoca dei logaritmi, cioè fino verso il 1950, duravano parecchio tempo ed erano motivo di possibili errori, aggravati dalle condizioni disagiate in cui il navigatore si poteva trovare ad operare, specie se imbarcato su una piccola nave o su uno dei nostri velieri.

La navigazione astronomica è rimasta quindi su queste posizioni per parecchi anni: l'ultima rivoluzione, quella che aveva spazzato via i lunghissimi calcoli con le tavole dei logaritmi, aveva anche stabilmente affermato la superiorità dei metodi basati sulle tavole.

Ora siamo all'inizio di una nuova rivoluzione: l'uso dei calcolatori tascabili. Essi sono delle vere e proprie meraviglie dell'elettronica; utilizzano i recenti perfezionamenti tecnologici nella progettazione e produzione dei dispositivi semiconduttori « integrati ». Si tratta di ottenere con procedimenti estremamente raffinati, su delle piastrine di silicio monocristallino, un numero grandissimo di zone semiconduttrici, conduttrici, isolanti, in modo da realizzare la rete complicata dei dispositivi chiamati « logici », che costituiscono il « cervello » del calcolatore.

Sta di fatto che, a prezzi resi ormai accessibili dalla produzione di massa, si possono avere dei veri gioielli tecnologici che possono naturalmente, per quel che ci riguarda, essere utilmente impiegati per la navigazione astronomica.

Questa notizia non è poi una grande novità, in quanto sono apparsi numerosi articoli su varie riviste nautiche. Tuttavia questi articoli non sempre hanno fornito tutti i dati necessari per passare dalla teoria alla pratica, anzi, in qualche caso, la mancanza delle necessarie notizie accessorie ha condotto ad ottenere risultati errati.

Vogliamo qui fare il punto della situazione attuale, spingendoci anche a trattare di un argomento nuovo che può interessare qualcuno dei più « scientifici » tra i navigatori da diporto, voglio dire come si può utilmente usare il calcolatore tascabile per sosti-

tuire non solo le tavole per la soluzione del problema della retta d'altezza (per intenderci le HO 214 oppure le HO 249), ma anche ed addirittura per la sostituzione delle Effemeridi Nautiche.

Le operazioni matematiche che sostituiscono le effemeridi sono abbastanza complesse, come vedremo, anche utilizzando un calcolatore tascabile, e richiedono inizialmente un certo impegno da parte dell'operatore. Ciò va detto subito per spegnere i facili entusiasmi, tuttavia, una volta acquistata e maturata una certa esperienza di uso del calcolatore tascabile, le difficoltà sono facilmente superabili.

IL CALCOLATORE TASCABILE

Esistono vari tipi di calcolatori tascabili. Una gran parte di essi sono di tipo molto semplice ed eseguono le quattro operazioni somma, sottrazione, prodotto e divisione. Il loro uso è quasi intuitivo; una volta acceso l'apparecchio, premendo i tasti numerici in successione, si imposta il numero voluto, usando la virgola per i decimali (che poi in pratica è un punto, secondo la tradizione anglosassone) e senza preoccuparsi di allineare le cifre, come invece si farebbe nelle operazioni aritmetiche con carta e matita.

Così facendo compaiono nel visore i numeri mano a mano che si premono i tasti. Il visore può essere a LED oppure a tubi fluorescenti: nel primo caso i numeri appaiono rossi brillanti, mentre nel secondo sono generalmente verdi. Alcuni calcolatori tascabili tra i più recenti apparsi sul mercato hanno il visore a « cristalli liquidi », caratterizzato dal fatto che i numeri non sono luminosi ma appaiono neri su uno sfondo bianco. I « cristalli liquidi » hanno un consumo di corrente inferiore, per cui le pile, se il calcolatore funziona con le pile, durano di più.

Incidentalmente diciamo che la parola LED significa Light Emitting Diode cioè diodo emettitore di luce.

In ogni caso le cifre sono ottenute con la composizione di « segmenti », i quali combinati opportunamente da un apposito codificatore interno, costituiscono i tipici simboli-cifra dei calcolatori, che hanno la forma un po' strana, ma che stanno diventando abbastanza consueti anche ai non specialisti di calcolatore.

Dopo avere impostato il primo numero, si preme il tasto che corrisponde all'operazione aritmetica desiderata, il visore si spegne ed il calcolatore è pronto a ricevere il secondo numero. Premendo il tasto di « uguale », dopo impostato il secondo numero, l'operazione viene eseguita in frazioni di secondo ed appare il risultato. Il numero delle cifre è generalmente 8, in qualche caso qualcuna di più.

Dello stesso tipo sono i calcolatori che in più hanno le operazioni di radice quadrata, calcoli delle percentuali e « memoria ». Quest'ultima caratteristica consiste in un registro interno, cioè di un dispositivo elettronico che ricorda un numero una volta che vi è stato impostato. La memoria serve per riporre un numero da tenere durante l'esecuzione di altri calcoli. Inoltre in questa memoria si può sommare o sottrarre direttamente un altro numero ed il risultato si può richiamare, con apposito tasto, ogni volta che si vuole.

Esiste un altro tipo di calcolatori tascabili chiamati « scientifici » che ricalcano press'a poco la struttura di quelli semplici, ma sono dotati di una serie di possibilità più sofisticate che permettono di eseguire le operazioni complesse che generalmente ricorrono nel campo scientifico.

Innanzi tutto essi sono dotati di un numero di cifre maggiore. E precisamente essi « calcolano » con 10 cifre, alcuni con 12 ed in qualche caso 13. Può sembrare molto, ma nei calcoli a catena ed usando le cosidette « funzioni trigonometriche », i logaritmi, ecc. gli errori si sommano e possono influire sui risultati in modo rilevante.

In genere non vi è corrispondenza tra cifre con cui calcola il calcolatore e cifre che appaiono nel visore. In genere nel visore appaiono meno cifre, mentre la macchina calcola con tutte le cifre di cui i propri registri dispongono. Alcune macchine hanno 8 cifre nel visore, altre 10. In più vi sono le due cifre che servono come esponente nella notazione « esponenziale » ed il relativo segno algebrico. La virgola (ossia il punto, come abbiamo già rilevato) fa parte di ogni singola cifra e quindi non conta nel numero totale di cifre.

Procediamo nella spiegazione con alcuni esempi.

Se imposto in un calcolatore con 8 cifre nel visore il numero 1.2345678, esso occupa tutto il visore; se imposto invece 1.23456789, l'ultima cifra, il 9, non viene scritta perché semplicemente non ci sta e compare lo stesso numero di prima. Se imposto il numero 0.000123456789, nel visore appare 0.0001234 e le altre cifre vanno perdute, ma se lo scrivo in forma esponenziale, viene fuori 1.2345678—04 che significa $1,2345678 \times 10^{-4}$, ed ho la possibilità di introdurre anche le cifre 5, 6, 7 e 8.

Il risultato è che l'errore « percentuale » risulta minore nel secondo caso che nel primo. Ecco quindi il vantaggio della notazione esponenziale. Se poi il numero fosse molto piccolo o molto grande, esso non sarebbe neppure introducibile nel calcolatore nel solito modo, ma soltanto utilizzando la forma esponenziale.

Per esempio ciò accade con i numeri:

1.234567 —99 che significa $0{,}1234567 \times 10^{-98}$

2.5479123 23 che significa $0{,}25479123 \times 10^{24}$

Il sistema della notazione esponenziale funziona anche nel caso di un numero ottenuto come risultato di una certa operazione matematica nel calcolatore. Esso entra automaticamente in funzione, in questo caso, se il numero è più piccolo oppure più grande del limite massimo di numero che si può « scrivere » in modo normale nel calcolatore. In questo modo si riesce a salvare un numero di cifre maggiore oppure addirittura si riesce ad ottenere un risultato che sarebbe andato perduto in quanto o troppo piccolo o troppo grande.

Con la notazione esponenziale i calcolatori scientifici sono costruiti in modo tale che generalmente permettono di trattare numeri compresi tra 1×10^{-99} e $9{,}99... \times 10^{99}$. Al di fuori di tali valori si ha segnalazione di errore quando il numero è ottenuto come risultato di una operazione che il calcolatore ha appena eseguito.

Il numero di memorie in un calcolatore scientifico tascabile è variabile tra 1 e 20 a seconda del modello e per riporvi un dato è sufficiente inserirlo in modo tale che compaia nel visore e quindi premere i tasti corrispondenti alla memorizzazione, generalmente STO n in cui *n* è il numero del registro di memoria o, come si dice, l'« indirizzo di memoria ».

Per riottenere il dato, si preme il tasto RCL n, ed il numero compare nel visore, rimanendo tuttavia ancora in memoria come se vi fosse stato duplicato e pronto ad ogni comando RCL n.

Per cancellare i registri di memoria si aziona l'apposito tasto oppure basta spegnere per un momento e poi riaccendere il calcolatore.

Un'altra particolarità dei calcolatori scientifici tascabili è quella di avere le funzioni trigonometriche, i logaritmi, ecc. Cioè, dato un certo numero, che rappresenta gradi e frazioni decimali di grado, premendo per es. SIN si ottiene sul visore la funzione seno di quel numero. E la stessa cosa vale per i logaritmi, gli esponenziali, ecc.

Le funzioni inverse arcoseno, arcocoseno ed arcotangente permettono di passare dal seno (o cos, o tg) all'angolo originale. Per saperne di più sarebbe tuttavia opportuno rivedersi un libro di matematica a livello di liceo.

Tuttavia, accettando le definizioni senza indagare oltre, sarebbe possibile al limite servirsi del calcolatore senza sapere niente di quanto sta all'origine delle cose. Basta pigiare i tasti uno dopo l'altro come indicheremo negli schemi di calcolo che esporremo più avanti.

Con il solo scopo di dare una vaga idea per chi non lo sa oppure per rinfrescare un concetto dimenticato per chi invece dovrebbe saperlo, spieghiamo in tre parole cosa sono le funzioni trigonometriche.

Ci limitiamo a queste e non parliamo di logaritmi, esponenziali, ecc. perché per la navigazione astronomica ricorrono solo le funzioni trigonometriche.

La definizione delle funzioni trigonometriche si basa sull'esame del triangolo rettangolo inscritto in un cerchio come si osserva in figura 1.

Qualunque raggio abbia il cerchio, cioè qualunque sia la lunghezza OB, il rapporto tra le grandezze OB, OA ed AB prese a due a due sono dei numeri fissi, che dipendono solamente dal valore dell'angolo α e che sono proprio le nostre funzioni trigonometriche. Non ci deve stupire perché anche il famoso π (pi-greco) è un rapporto fisso tra elementi di un cerchio di qualsiasi dimensione esso sia. Ritornando alla figura 1 diciamo allora che il rapporto:

$$\frac{AB}{OB} \text{ si chiama seno di } \alpha\text{, cioè } \sin \alpha$$

il rapporto:

$$\frac{OA}{OB} \text{ si chiama coseno di } \alpha, \text{ cioè } \cos \alpha$$

mentre il rapporto:

$$\frac{AB}{OA} \text{ si chiama tangente di } \alpha, \text{ cioè } \operatorname{tg} \alpha$$

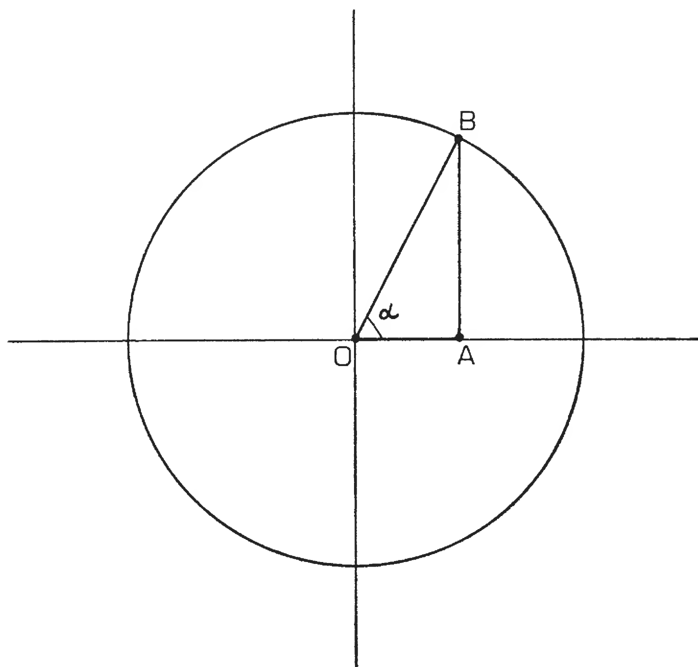


Fig. 1

Per i problemi nautici si impiegano un paio di formule di trigonometria sferica, che è quella disciplina che studia i triangoli che si possono « disegnare » su una sfera (la Terra, oppure la rappresentazione del cosidetto « cielo » per l'osservatore terrestre), dati tre punti su di essa (figura 2). In queste formule appaiono appunto le funzioni trigonometriche seno, coseno e tangente.

Ritornando ai calcolatori tascabili del tipo scientifico diciamo ancora che essi sono corredati di altre particolarità ed altre funzioni, ma queste conoscenze possono facilmente essere completate con la lettura dei manuali di istruzione dei singoli calcolatori,

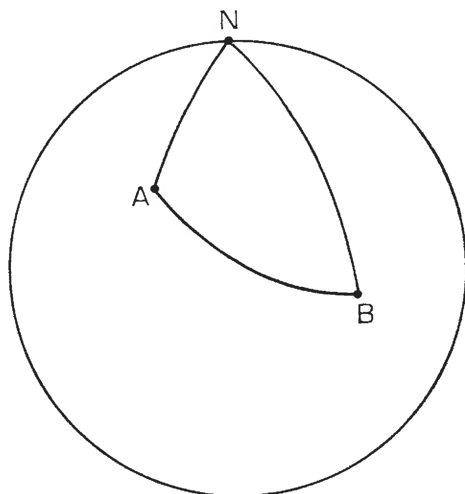


Fig. 2

senza alcuna difficoltà sostanziale. Vogliamo ancora parlare invece di un problema di carattere abbastanza generale che è legato al metodo di impostazione dei calcoli. Si tratta dei due sistemi:

— Sistema operativo algebrico
— Notazione polacca inversa.

Le calcolatrici scientifiche tascabili adottano per lo più sia il sistema operativo algebrico che la notazione polacca inversa NPI (in inglese RPN: reverse polish notation).

Esistono a questo proposito due scuole, delle quali una sostiene la superiorità del primo sistema, l'altra del secondo, e ciascun produttore difende il metodo che ha prescelto.

La situazione è resa ancora più confusa dal fatto che è facile dimostrare la superiorità dell'uno o dell'altro metodo mediante

un'accurata selezione dei problemi-campione. In realtà una risposta definitiva in proposito non esiste. Ognuno dei due sistemi può essere usato agevolmente da un operatore esperto ed ognuno dei due può consentire di risolvere con semplicità problemi assai complessi. Molti operatori abituati all'uso della NPI ne sono convinti sostenitori; altri, che possiedono calcolatrici basate sul sistema algebrico, spesso considerano la NPI complicata e motivo di confusione. Il metodo algebrico è diretto: consente di impostare il problema esattamente come lo si definisce. Ad esempio, se si pensa in termini di notazione algebrica, diciamo che « due per quattro è uguale ad otto », mentre con la NPI dobbiamo dire « due e quattro moltiplicati danno otto ».

Il sistema operativo algebrico permette quindi di eseguire i calcoli con le regole basilari dell'algebra, le stesse regole che vengono imparate a scuola, basato sulle « parentesi » che raccolgono vari « spezzoni » di calcolo. Il sistema NPI si basa invece sull'esistenza nell'interno del calcolatore di una « catasta » di quattro registri che scorre ruotando, per così dire, in un senso o nell'altro a seconda se si introducono dei numeri oppure si estraggono.

Ho notato che, allorché si effettuano calcoli in fase di ricerca e quindi con prove e riprove, nuovi tentativi, ripensamenti, ecc., l'uso del sistema algebrico « corre » meglio nel senso che è più facile ed immediato utilizzare appieno le possibilità del calcolatore di tipo algebrico. Viceversa nel caso di ottimizzazione di un certo calcolo già conosciuto e scontato, la NPI permette forse una maggiore elasticità di impiego offrendo spesso la possibilità di impensate « acrobazie » per aumentare l'efficienza di un programma di calcolo.

Calcolatore Hewlett & Packard tipo HP 21

Il calcolatore HP 21 della Hewlett & Packard è un buon esempio di calcolatore che usa la NPI e che si presta molto bene per i calcoli di astronomia nautica. Ne riportiamo succintamente le caratteristiche generali.

Le funzioni preprogrammate sono:

Aritmetiche: + — × ÷
Logaritmiche: e^x, ln x, log x, 10^x
Trigonometriche: sin, cos, tang, arcsin, arcos, arctang
Altre funzioni: y^x, $\sqrt{x}$, 1/x, π, conversione coordinate cartesiane-polari, selezione di modo radianti-gradi

L'aritmetica dei registri è tale per cui somma, sottrazione, moltiplicazione e divisione possono essere eseguite su dati contenuti nella memoria.

L'indicatore è a 12 cifre totali (segno compreso) ottenute con LED a otto segmenti e la notazione numerica è tale per cui si possono, a scelta, leggere i numeri in virgola mobile, dieci cifre più segno, oppure in notazione scientifica, segno algebrico ed un intero, seguito da sette decimali; l'esponente consiste di segno e due cifre.

L'arrotondamento è fatto all'ultima cifra indicata, mentre all'interno del calcolatore le operazioni sono calcolate operando con dieci cifre totali.

Si hanno poi indicazioni speciali per overflow, underflow (superamento della capacità dei registri), batteria scarica ed operazione impropria.

Forniremo alcuni dati sull'uso ricavandoli ed elaborandoli dal manuale di istruzione fornito dalla casa costruttrice. Consigliamo tuttavia sempre il lettore di studiarsi attentamente il manuale di uso e ciò prima di iniziare ad utilizzare il calcolatore per la navigazione astronomica, in modo da suddividere chiaramente le difficoltà: quelle riferite all'uso del calcolatore e quelle invece collegate con la astronomia nautica. Fortunatamente le cose che occorre sapere bene sul calcolatore sono relativamente poche ed il suo uso è per lo più intuitivo.

Diciamo ancora che nell'HP 21 i registri di memoria sono:

4 per la « catasta » operativa

1 registro di memoria indirizzabile

1 registro interno che serve per il calcolo di funzioni trigonometriche.

L'alimentazione avviene mediante due elementi di nichel cadmio che assicurano una durata di funzionamento autonomo dalla rete da 3 a 6 ore e che sono caricati dall'apposito alimentatore da rete in circa sei ore se il calcolatore non è in funzione. Per utilizzare una funzione ad una sola variabile (reciproco, radice, logaritmo naturale, logaritmo decimale, ecc.) si preme sempre il tasto funzione che opera sul numero impostato nel registro X, quello collegato con il visore, trasformandolo e ponendo al suo posto il risultato.

Ogni tasto serve (per economia di tasti) a due operazioni diverse, per scegliere la seconda delle quali (quella indicata in blu sulla parte inclinata del tasto) occorre premere in successione il tasto blu e poi il tasto prescelto.

Le funzioni a due variabili sono quelle che operano su due numeri: le operazioni aritmetiche, l'elevazione a potenza, ecc. Benché un numero venga normalmente mostrato nel visore con due sole cifre decimali, tuttavia l'HP 21 utilizza internamente nei calcoli tutte e dieci le cifre.

Facciamo alcuni esempi:

123.4567	
ENTER	risultato 123.46

cioè il numero è indicato con arrotondamento a due cifre decimali. Indichiamolo ora con 4 decimali in virgola mobile:

DSP	
•	
4	risultato 123.4567

oppure con 6 decimali:

DSP	
•	
6	risultato 123.456700

Se lo vogliamo in notazione scientifica con 4 decimali:

DSP	
4	risultato 1.2346 02

oppure con 7 decimali:

DSP
7 risultato 1.2345670 02

Calcoliamo ora $(0,05)^2$; si spenga e riaccenda il calcolatore per cancellare tutti i registri:

0.05
ENTER
0.05
× risultato 2.5000000 —03

invece di 0.00 come ci si aspetterebbe di vedere con la solita notazione in virgola mobile con due decimali; cioè il superamento della capacità superiore ed inferiore del visore a mostrare un numero in una notazione fissata, viene indicato automaticamente commutando il visore alla notazione scientifica a 8 cifre.

Per impostare i numeri moltiplicati per potenze di 10 (esempio $15{,}6 \times 10^{-12}$) facciamo il seguente esempio, in cui inoltre tale numero viene moltiplicato per 25:

15.6	visore	15.6	
EEX		15.6	00
12		15.6	12
CHS		15.6	—12
ENTER		1.5600000—11	
25		25.	
×		3.9000000—10	

La memorizzazione automatica dei risultati intermedi permette di risolvere le espressioni matematiche più complesse e la chiave della memorizzazione automatica è la disposizione a catasta dei registri: i quattro registri della catasta, chiamati rispettivamente XYZT, « sovrapposti » uno sull'altro, con il registro X più in basso, sempre collegato al visore.

Il comando R↓ fa scorrere il contenuto dei registri della catasta verso il basso, mentre il numero impostato viene trasferito nel registro T. Per esempio, da una situazione:

T	0.00
Z	0.00
Y	0.00
X	314.32

premendo R↓ si passa all'altra situazione:

T	314.32
Z	0.00
Y	0.00
X	0.00

premendo ancora R↓ si passa alla situazione:

T	0.00
Z	314.32
Y	0.00
X	0.00

Avendo premuto in totale quattro volte R↓ si riottiene sempre la configurazione iniziale.

Il comando ENTER fa scorrere il contenuto dei registri della catasta verso l'alto, mentre il numero impostato viene trasferito in Y, ricopiato per così dire. Infatti vediamo l'esempio seguente, dove si calcola 16 + 30 + 11 + 17:

Tasti premuti	Contenuto della catasta		Commento
16	T	0.00	16 viene scritto nel registro visibile X
	Z	0.00	
	Y	0.00	
	X	16.	

ENTER	T	0.00	16 è copiato in Y
	Z	0.00	
	Y	16.00	
	X	16.00	
30	T	0.00	30 viene scritto al posto di 16 in X
	Z	0.00	
	Y	16.00	
	X	30.	
ENTER	T	0.00	30 viene copiato in Y 16 viene alzato in Z
	Z	16.00	
	Y	30.00	
	X	30.00	
11	T	0.00	11 viene scritto in X
	Z	16.00	
	Y	30.00	
	X	11.	
ENTER	T	16.00	11 viene copiato in Y 16 e 30 sono alzati in T e Z rispettivamente
	Z	30.00	
	Y	11.00	
	X	11.00	
17	T	16.00	17 viene scritto in X al posto di 11
	Z	30.00	
	Y	11.00	
	X	17.	
+	T	16.00	viene fatta la somma di 17 ed 11 e la catasta scende di un registro; 16 scende in Z e permane anche in T; 30 e 28 sono pronti per essere sommati
	Z	16.00	
	Y	30.00	
	X	28.00	

+	T	16.00	30 e 28 vengono sommati e
	Z	16.00	la catasta scende ancora; 16
	Y	16.00	e 58 sono pronti per essere
	X	58.00	sommati

Un altro tasto che permette di manipolare il contenuto della catasta è il tasto X ⇆ Y che scambia il contenuto dei registri X ed Y tra loro, senza però toccare i registri Z e T.

Oltre alla capacità della memoria automatica dei quattro registri della catasta, l'HP 21 ha anche un registro di memorizzazione che è comandato manualmente e non influenzato dalle operazioni che si effettuano nella catasta.

Per memorizzare un numero che appare sul visore, premere STO. Se il registro conteneva già un numero, il vecchio numero verrà sostituito dal nuovo. Per richiamare un numero dal registro di memoria premere il tasto RCL, che ne copia il contenuto nel registro X facendo scorrere la catasta. I tasti BLU M + × ÷ servono a sommare, sottrarre, moltiplicare e dividere il numero memorizzato per il numero che si trova in X. Il risultato è posto nel registro di memoria al posto del vecchio dato.

Le funzioni trigonometriche sono SIN, COS, TAN e le inverse BLU SIN^{-1}, COS^{-1}, TAN^{-1}. Esse si utilizzano impostando il numero e poi il tasto funzione appropriato (per es. SIN). Nel visore compare il valore della funzione e non si ha scorrimento della catasta. Le funzioni trigonometriche possono essere calcolate in uno dei due modi angolari: gradi sessadecimali o radianti. Nel caso di applicazione alla navigazione astronomica si usano i gradi sessadecimali e conviene sempre trasformare i gradi, minuti e frazioni decimali di minuto in forma decimale; per esempio:

$$172°37'.5 = 172 + \frac{37.5}{60} = 172.625$$

$$21°18'.7 = 21 + \frac{18.7}{60} = 21.31166...$$

A conclusione di questa breve esposizione sull'uso dell'HP 21 diamo un esempio di calcolo con funzioni trigonometriche e calcoli a catena.

Si tratta di trovare le distanze in miglia tra il punto di coordinate:

$$\varphi_0 = 45°37' \text{ Nord}$$
$$\lambda_0 = 150°12' \text{ West}$$

ed i due punti (Honolulu ed Anchorage), di coordinate:

$\varphi_1 = 21°18'$ Nord	$\varphi_2 = 61°13'$ Nord
$\lambda_1 = 157°52'$ West	$\lambda_2 = 149°54'$ West

essendo la formula che dà la distanza la seguente:

$$\text{Dist.} = \text{arc cos}\,[\sin\varphi_o \sin\varphi_k + \cos\varphi_o \cos\varphi_k \cos(\lambda_k - \lambda_o)] \times 60$$

dove il pedice k sta ad indicare rispettivamente la latitudine e la longitudine di uno e dell'altro dei due punti di arrivo. Si calcolano prima le conversioni dei gradi e minuti in gradi decimali:

$$\varphi_0 = 45{,}62$$
$$\lambda_0 = 150{,}20$$
$$\varphi_1 = 21{,}30$$
$$\lambda_1 = 157{,}87$$
$$\varphi_2 = 61{,}22$$
$$\lambda_2 = 149{,}90$$

Si pone il commutatore Gradi/Radianti in posizione DEG e poi si procede:

157.87 ENTER 150.20 —	7.67
COS	0.99
21.30 COS ×	0.92
45.62 COS ×	0.65
45.62 SIN	0.71

21.30 SIN ×	0.26
+	0.91
BLU-COS^{-1}	25.12
60 ×	1507.13 (1ª dist.)
149.90 ENTER 150.20 —	— 0.30
COS	1.00
61.22 COS ×	0.48
45.62 COS ×	0.34
45.62 SIN	0.71
61.22 SIN ×	
+	0.96
BLU-COS^{-1}	15.60
60 ×	936.06 (2ª dist.)

La distanza tra il luogo dato e Honolulu è di 1507 miglia circa, mentre quella tra il luogo dato ed Anchorage è di 936 miglia circa.

Calcolatore Texas Tipo SR 56

E' un calcolatore programmabile direttamente dalla tastiera del tipo a sistema operativo algebrico. Ne riportiamo le sue principali caratteristiche. Le funzioni preprogrammate sono:

Aritmetiche: + — × ÷
Logaritmiche: e^x, ln x, log x, 10^x
Trigonometriche: sin, cos, tang e le loro inverse
Altre funzioni: y^x, $\sqrt{x}$, 1/x, π, |x|, parte intera di un numero, parte decimale di un numero, x^2, conversione coordinate cartesiane-polari e viceversa, operazioni statistiche come media, varianza, scarto quadratico medio, ecc.

Può funzionare in modo *manuale,* in cui si eseguono le varie operazioni mano a mano che si presentano. Oppure in modo *ap-*

prendimento, in cui si immettono nel calcolatore le singole operazioni, fino al numero massimo di 100 che risultano memorizzate nella memoria di programma.

Usando il calcolatore con la programmazione si utilizzano alcune caratteristiche peculiari del sistema, tipiche della logica di programmazione dei calcolatori, dai più piccoli ai grandi elaboratori elettronici. Per esempio esiste la possibilità di effettuare salti incondizionati e condizionati sotto forma di certe istruzioni (certi tasti da premere):

— istruzione GTO nn, che trasferisce il programma alla istruzione numerata nn, il numero voluto compreso tra 00 e 99;

— istruzione Subr nn, che trasferisce il programma ad un segmento di istruzioni che costituiscono un sottoprogramma; per ritornare al programma principale si usa l'istruzione Rtn;

— istruzioni che eseguono delle prove, rendendo possibile il confronto tra il valore che si trova nel registro di visualizzazione ed il valore memorizzato in uno speciale registro T di prova. Si possono fare confronti del tipo $x = t$, $x \neq t$, $x \geq t$, $x \leq t$: se le condizioni di prova sono verificate allora ha luogo il salto all'istruzione specifica subito dopo l'istruzione di confronto, altrimenti continua la sequenza regolare.

— istruzione dsz, che provoca la diminuzione di 1 nel registro di memoria R_0 previamente caricato con un numero intero e quindi prova se il risultato è zero. Se non è zero si ha un salto ad una determinata posizione del programma, altrimenti non si ha alcun salto.

Vi sono altre istruzioni che si usano quando il calcolatore viene programmato. Alcune di queste sono:

— LRN predispone il modo apprendimento oppure calcolo

— RST azzeramento del contatore di programma

— R/N avvio-arresto

— pause arresto di pausa di ½ secondo

— CP azzeramento delle memorie di programma

— x ⇆ t scambia il valore del registro del visualizzatore con il valore del registro t

— SST passo singolo nell'avanzamento del programma

— bst passo indietro nell'esecuzione del programma

— NOP cancella un'istruzione.

Una volta programmato, il calcolatore viene messo in modo *calcolo* (premendo LRN) ed esso è pronto a partire ed eseguire le operazioni programmate, a grande velocità.

Il calcolatore è dotato di 10 registri memorizzatori di dati (R_0 a R_9) e di 9 livelli di parentesi. Le operazioni vengono completate secondo un prestabilito grado di priorità: gli operandi ed i loro operatori associati vengono tenuti in memoria fino a che non si incontra una operazione di minore od eguale priorità e solo allora le operazioni vengono completate. E' come se ci fosse una « catasta » di registri interni e tale catasta è costituita nell'SR 56 da 8 registri.

La maggior parte dei tasti ha una doppia funzione; la prima è stampata direttamente sul tasto, la seconda leggermente sopra di esso e per eseguire una seconda funzione si preme prima il tasto 2nd e poi il tasto che corrisponde alla seconda funzione.

Alcuni esempi pratici di uso:

Impostare $-4{,}818 \times 10^{-10}$:

Impostare	Premere	Visore
4.818	+/— EE	— 4.818 00
10	+/—	— 4.818 — 10

Eseguire $(2 \times 10^9) \div 3$

Impostare	Premere	Visore
2	EE	2 00
9	÷	2. 09
3	=	6.666666667 08
	2nd Fix 4	6.6667 08
	2nd Fix 1	6.7 08
	INV EE	666666666.7

Calcolatore $(1,6 \times 10^{19}) \times (6.025 \times 10^3)$

Impostare	Premere	Visore
1.6	EE	1.6 00
19	+/— ×	1.6 —19
6.025	EE	6.025 00
23	=	9.64 04

Calcolare $4 \div 5^2 \times 7 + 3 \times \sin 30^0 \ ^{\cos 60^o})$

Impostare	Premere	Visore
4	÷	4.
5	x^2	25.
	×	0.16
7	+	1.12
3	×	3.
30	sin y^x	0.5
60	cos	0.5
	=	3.241320344

Viene cioè calcolata come se fosse stata scritta:

$$((4 \div 5^2) \times 7) + 3 \times \sin 30^0 \ ^{\cos 60^o})$$

Usando le parentesi si aumenta la possibilità di effettuare calcoli concatenati.

Per esempio, si calcoli:

$$5 + \cfrac{8}{9 - \cfrac{2}{3 + 1}} = (5 + (8 / (9 - (2 / (3 + 1)))))$$

La sequenza dei tasti premuti è la seguente:

$$(5 + (8 \div (9 - (2 \div (3 + 1)))))$$

ed il risultato è 5.941176471; si noti che per ogni parentesi che si chiude si completa un calcolo parziale e se ne può leggere il risultato sul visore. Se invece delle cinque parentesi di chiusura si preme =, si ottiene subito il risultato, ma si perde la possibilità di osservare i risultati parziali.

Calcolare ora 8 $\pi^2/3$ e memorizzarlo in R_8, poi calcolare $e^{1.08} + 4$ e dividere il contenuto di R_8 per questa quantità, lasciando in R_8 il risultato.

Impostare	Premere	Visore
8	× 2nd π	3.141592654
	x^2 ÷	78.95683521
3	= STO 8	26.31894507
1.08	e^x +	2.944679551
4	=	6.944679551
	INV 2nd PROD 8	6.944679551
	RCL 8	3.789799785

Come calcolo con funzioni trigonometriche in catena, si ripete l'esempio già fatto per l'HP 21.

Si tratta di trovare la distanza in miglia tra il punto:

$$\varphi_0 = 45°37' \text{ Nord}$$
$$\lambda_0 = 150°12' \text{ West}$$

ed i due punti (Honolulu ed Anchorage)

φ_1 = 21°18′ Nord φ_2 = 61°13′ Nord
λ_1 = 157°52′ West λ_2 = 149°54′ West

usando la formula già riportata a pagina 25:

$$\text{Dist} = \text{arc cos} [\sin \varphi_o \sin \varphi_k + \cos \varphi_o \cos \varphi_k \cos (\lambda_k - \lambda_o)] \times 60$$

dove il pedice k sta ad indicare la latitudine e la longitudine di uno o dell'altro punto di arrivo.

In questo esempio si introducono i valori angolari φ_0, λ_0, φ_1... scrivendoli con il punto che separa gradi e minuti, come se fossero decimali di grado. La conversione dei minuti in decimali di grado viene effettuata durante il calcolo stesso. Si effettua il calcolo in modo manuale:

Impostare	Premere	Visore
45.37	STO 1	
	2nd Int +	
	RCL 1	
	2nd INV Int	
	÷ • 6 =	45.61666667
	STO 1	
150.12	STO 2	
	2nd Int +	
	RCL 2	
	2nd INV Int	
	÷ • 6 =	150.2
	STO 2	
21.18	STO 3	
	2nd Int +	
	RCL 3	
	2nd INV Int	
	÷ • 6 =	21.3
	STO 3	

157.52	STO 4	
	2nd Int +	
	RCL 4	
	2nd INV Int	
	÷ • 6 =	157.8666667
	INV SUM 2	
	RCL 1	
	Sin	.7146761732
	×	
	RCL 3	
	Sin	.3632512305
	+	.2596069993
	RCL 1	
	Cos	.6994554792
	×	
	RCL 2	—7.666666667
	Cos	0.991060982
	×	.6932030341
	RCL 3	
	Cos	.9316912276
	=	.9054581851
	INV Cos	25.11493624
	× 60 =	1506.896174

Lo stesso schema viene utilizzato per il calcolo della distanza dal secondo punto, calcolo che non riportiamo e che lasciamo come esercizio per il lettore fortunato possessore dell'SR 56! Si effettua ora lo stesso calcolo utilizzando la programmazione.

LRN

(caricare il programma più avanti riportato)

LRN

RST

Introdurre φ_0 (45.37)
R/S
Introdurre λ_0 (150.12)
R/S
Introdurre φ_1 (21.18)
R/S
Introdurre λ_1 (157.52)
R/S
si ottiene Dist (1506.896174)
CLR (azzeramento registri di calcolo)
RST (azzeramento contatore di programma)

Per il calcolo della seconda distanza si procede così:

Introdurre φ_0 (45.37)
R/S
Introdurre λ_0 (150.12)
R/S
Introdurre φ_2 (61.13)
R/S
Introdurre λ_2 (149.54)
R/S
si ottiene Dist (936.0590146)
CLR
RST

E si potrebbe continuare ancora con altri punti.

Il programma da caricare nel calcolatore è il seguente:

STO 1
2nd Int +
RCL 1
2nd INV Int
÷ . 6 =

STO 1
R/S
STO 2
2nd Int +
RCL 2
2nd INV Int
÷ • 6 =
STO 2
R/S
STO 3
2nd Int +
RCL 3
2nd INV Int
÷ • 6 =
STO 3
R/S
STO 4
2nd Int +
RCL 4
2nd INV Int
÷ • 6 =
INV SUM 2
RCL 1
Sin
×
RCL 3
Sin
+
RCL 1
Cos
× RCL 2
Cos
× RCL 3
Cos =
INV Cos
× 60 =
R/S

Questo programma è sostanzialmente quello utilizzato manualmente prima, salvo l'inserimento dei comandi R/S aventi lo scopo di far arrestare lo sviluppo del calcolo in quel punto per permettere l'introduzione dei dati e per la loro lettura.

Altri modelli di calcolatore tascabile

Un tipo di calcolatore tascabile scientifico abbastanza diffuso è l'HP 25 programmabile della Hewlett & Packard. Esso ha la stessa caratteristica dell'SR 56 della Texas di essere *programmabile*, cioè che una certa serie di operazioni elementari successive che costituiscono un calcolo complesso, possono essere memorizzate in successione in modo da essere automaticamente ripetute con dati diversi per quante volte si vuole, senza dover ripetere la « pigiatura » dei tasti. Sfortunatamente lo spegnimento, anche per un solo istante, del calcolatore, fa si che esso « dimentichi » quanto vi è registrato. Stanno diffondendosi tuttavia dei calcolatori con memorie di nuovo tipo, che rimangono registrate anche a calcolatore spento; il vantaggio è però relativo perché si può memorizzare praticamente solo un programma.

Con un calcolatore programmabile tuttavia i calcoli risultano in definitiva molto più sicuri. Si riesce a scindere l'azione del calcolatore nelle due funzioni elementari, che solo con un programmabile diventano completamente separate, della preparazione del calcolo (o programmazione) e della effettiva esecuzione dello stesso.

Una volta fatta la prova del programma e controllati i risultati con un calcolo di prova (quelli riportati nel testo vanno benissimo), si è assolutamente certi di non avere commesso errori, almeno da questo aspetto.

Poiché l'esecuzione effettiva del calcolo richiede pochi secondi, ripetendo il calcolo dalla impostazione dei valori iniziali alla trascrizione dei risultati, ciò permette di avere un controllo anche sulla parte esecutiva.

Se poi i calcoli hanno carattere ripetitivo, come nel caso di calcolo di distanze ortodromiche tra luoghi oppure nel caso di calcolo di parecchie rette di altezza, oppure allorché si calcolano parecchi valori di angolo orario e declinazione del Sole in sostituzione delle Effemeridi Nautiche, allora la comodità di avere un calcolatore programmabile è inestimabile.

Esistono dei calcolatori ad uso navigazione che contengono già alcuni programmi registrati internamente per effettuare i più comuni calcoli per la navigazione astronomica.

Non credo tuttavia che il costo decisamente maggiore valga tale comodità; con un calcolatore programmabile di tipo corrente e quindi di costo assai ridotto è possibile effettuare tutti i calcoli che servono per il navigatore.

Certamente una maggiore specializzazione dello strumento lo rende meno elastico e molto più costoso.

Attendiamo piuttosto il calcolatore-elaboratore automatico di punto nave con microprocessore, che non mancherà di uscire sul mercato quanto prima!

La memorizzazione di programma è davvero una bella comodità ed in alcuni calcolatori essa è talmente perfezionata che la stessa serie di operazioni scelte premendo i tasti in successione viene poi memorizzata, stavolta definitivamente, in una strisciolina magnetica che entra nel calcolatore e ne riesce registrata in modo indelebile.

Concludendo, aggiungiamo ancora, ripetendo quanto già detto precedentemente, che i calcolatori a 8 cifre, con sole applicazioni aritmetiche, con o senza memoria, peraltro molto diffusi, non sono ovviamente adatti ai nostri calcoli perché mancano delle funzioni trigonometriche; segnaliamo anche che alcuni calcolatori che sono dotati di funzioni trigonometriche non permettono di trattare i numeri in notazione esponenziale e questo fatto li rende inadatti allo scopo che ci prefiggiamo perché, ripetiamo, la precisione percentuale diminuisce mano a mano che il numero diventa più piccolo, ed inoltre non si potrebbero trattare numeri che si trovano al di fuori dell'intervallo (nel caso di 8 cifre indicate) 9×10^7 ed 1×10^{-7}.

ALIMENTAZIONE ELETTRICA DEL CALCOLATORE

E' questo il vero problema perché in realtà quasi tutti i calcolatori tascabili che abbiamo citato funzionano con batterie ricaricabili interne e la ricarica avviene mediante la connessione dell'apparecchio alla normale rete elettrica. L'autonomia è di alcune ore di funzionamento, dopo di che occorre provvedere alla ricarica delle batterie. Questo fatto condiziona grandemente la possibilità di utilizzazione in mare, anche se, almeno in teoria, si potrebbe pensare ad un corredo di batterie di riserva mantenute cariche, da sostituire mano a mano.

Il problema non sussiste su una grande imbarcazione dotata certamente di distribuzione di corrente alternata tipo rete cittadina ottenuta da gruppo elettrogeno. Per le barche a vela più modeste, esiste un impianto elettrico basato su una o più batterie di accumulatori da 12 volt. A questo punto vi sono due possibilità:

1) convertitore 12 volt continua/220 volt alternata;
2) caricatore delle batterie del calcolatore da 12 volt continua.

La prima soluzione comporta l'acquisto di un aggeggio il quale potrà poi servire anche per un rasoio elettrico ed altri « piccoli elettrodomestici ».

Per quanto riguarda la seconda soluzione, in realtà tali caricatori non sono in commercio. In attesa che le case costruttrici provvedano a costruire questo accessorio è però possibile, ed in linea di principio ancora più semplice che nel caso di corrente alternata della rete, autocostruirsene uno che provvede, se non ad alimentare direttamente il calcolatore, cosa rischiosa per l'incolumità dello stesso in caso di errori di collegamento, almeno alla

ricarica del gruppo di batterie nel loro contenitore una volta estratte dal calcolatore.

Tale gruppo di batterie può essere anche un secondo gruppo tenuto come ricambio e mantenuto carico sistematicamente. Sarà bene comunque studiare il problema con l'aiuto di un amico esperto di elettronica, di volta in volta, tenendo conto che i calcolatori presentano caratteristiche di progettazione abbastanza differenti e che quindi richiedono diversi metodi di soluzione al problema dell'alimentazione così come lo abbiamo posto.

In generale possiamo dire che un alimentatore di questo tipo consiste, nella sua forma più elementare, di un semplicissimo resistore (del valore di poche lire...) messo in serie tra la presa di corrente a 12 volt (nominali) e la batteria del calcolatore da caricare.

Esso provoca la caduta di tensione da 12 volt alla tensione della batteria del calcolatore con la corrente di carica necessaria.

Per esempio per caricare una batteria di tre elementi nichel cadmio complessivamente da 3,75 volt, partendo da una batteria da 12,6 volt, con una corrente di carica di 50 milliampère, il resistore da porre in serie avrà approssimativamente una resistenza di:

$$\frac{12{,}6 - 3{,}75}{50 \cdot 10^{-3}} = 177 \text{ ohm}$$

e dovrà poter dissipare una potenza di:

$$(50 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 177 = 0{,}4425 \text{ watt}$$

Cioè andrà bene un comune resistore ad impasto, da radioelettronica, da 1/2 watt, della resistenza di circa 180 ohm.

Naturalmente si dovranno tenere in conto tutte le avvertenze del caso, tra cui il controllo mediante milliamperometro della corrente di carica una volta tanto, sia all'inizio che a fine carica, con eventuale modifica del valore della resistenza.

OSSERVAZIONI SULLA NAVIGAZIONE ASTRONOMICA

Supponiamo per ora di calcolare una retta di altezza servendoci del calcolatore tascabile, ed utilizzando i dati astronomici giornalieri necessari, ricavati dalle Effemeridi Nautiche.

Riteniamo che il lettore sia già pratico di rette di altezza avendo già appreso per conto suo la teoria e l'applicazione dei metodi di navigazione astronomica. D'altra parte cerchiamo di ottenere praticamente dei risultati ed un esempio commentato in questo caso è meglio di molte spiegazioni teoriche. Per quanto riguarda i dati che occorre ricavare dalle Effemeridi, ricordiamo che gli esempi riportati nelle prime pagine delle stesse a scopo esplicativo, sono chiarificatori di una buona parte del meccanismo della retta d'altezza.

La filosofia generale della retta d'altezza è la seguente. Osserviamo un astro (per semplicità, il Sole), ne misuriamo l'altezza e contemporaneamente prendiamo nota dell'ora di Greenwich corrispondente. A questo punto diciamo:

1) supponiamo di trovarci in un punto di latitudine e longitudine (stimate) φ_s e λ_s che è un posto ben preciso da noi segnato sulla carta nautica;

2) all'ora di Greenwich che abbiamo annotato, in questo posto (φ_s e λ_s), quale sarebbe l'altezza del Sole ed il suo azimut (cioè il suo « rilevamento »)?

3) facciamo il calcolo partendo da data, ora, latitudine e longitudine stimate, ottenendo una altezza calcolata ed un azimut;

4) se l'altezza calcolata è uguale all'altezza misurata allora avevamo scelto bene la nostra stima, cioè ci troviamo su

una retta (di altezza) passante per il punto stimato. Se invece c'è differenza, la retta su cui ci troviamo dista dal punto stimato di tante miglia quanti sono i primi di differenza tra le altezze (misurate queste miglia lungo la direzione dell'azimut).

Con due rette si ottiene un punto nave, allo stesso modo che con due rilevamenti di fari. Con più di due rette (caso di stelle) si ha un punto nave ancora più preciso. Due rette di altezza si possono ottenere con lo stesso Sole facendo due osservazioni a distanza di qualche ora e « trasportando » una retta per il percorso fatto dalla nave nell'intervallo tra le due osservazioni. Oppure si può anche osservare Luna e Sole in istanti di tempo immediatamente successivi.

Nel nostro modo di procedere il sistema sarà lo stesso. Effettueremo una osservazione di altezza sull'orizzonte del Sole e rileveremo l'ora di Greenwich corrispondente. Correggeremo l'altezza con la tavola di correzione delle Effemeridi Nautiche e la metteremo da parte per dopo. Ricaveremo, sempre dalle Effemeridi Nautiche, i dati riferiti all'ora di Greenwich dell'osservazione, cioè l'angolo orario di Greenwich e la declinazione, effettuando le operazioni di interpolazione necessarie.

A questo punto, invece di prendere in mano le tabelle HO 214 o HO 249 per effettuare la trasformazione:

angolo orario declinazione latitudine	⟶	altezza azimut

comprese tutte le necessarie interpolazioni, tiriamo fuori il nostro calcolatore, impostiamo le semplici formulette e ricaviamo i due dati altezza/azimut in modo analitico, rapidamente e senza problemi di scartabellamento di libri e necessità di interpolazione.

Tm d	h	SOLE T ° ′	DECL. ° ′	♈ Ts ° ′
15	0	176 26·5	−13 02·7	144 08·4
	1	191 26·5	01·8	159 10·9
	2	206 26·5	01·0	174 13·4
	3	221 26·5	13 00·1	189 15·8
	4	236 26·6	12 59·3	204 18·3
	5	251 26·6	58·4	219 20·8
	6	266 26·6	−12 57·6	234 23·2
	7	281 26·6	56·7	249 25·7
	8	296 26·7	55·9	264 28·1
	9	311 26·7	· · 55·0	279 30·6
	10	326 26·7	54·2	294 33·1
	11	341 26·7	53·3	309 35·5
	12	356 26·8	−12 52·5	324 38·0
	13	11 26·8	51·6	339 40·5
	14	26 26·8	50·8	354 42·9
	15	41 26·9	· · 49·9	9 45·4
	16	56 26·9	49·1	24 47·9
	17	71 26·9	48·2	39 50·3
	18	86 26·9	−12 47·3	54 52·8
	19	101 27·0	46·5	69 55·2
	20	116 27·0	45·6	84 57·7
	21	131 27·0	· · 44·8	100 00·2
	22	146 27·1	43·9	115 02·6
	23	161 27·1	43·1	130 05·1
16	0	176 27·1	−12 42·2	145 07·6
	1	191 27·2	41·3	160 10·0
	2	206 27·2	40·5	175 12·5
	3	221 27·2	· · 39·6	190 15·0
	4	236 27·2	38·8	205 17·4
	5	251 27·3	37·9	220 19·9
	6	266 27·3	−12 37·0	235 22·4
	7	281 27·3	36·2	250 24·8
	8	296 27·4	35·3	265 27·3
	9	311 27·4	· · 34·5	280 29·7
	10	326 27·4	33·6	295 32·2
	11	341 27·5	32·7	310 34·7
	12	356 27·5	−12 31·9	325 37·1
	13	11 27·5	31·0	340 39·6
	14	26 27·6	30·2	355 42·1
	15	41 27·6	· · 29·3	10 44·5
	16	56 27·7	28·4	25 47·0
	17	71 27·7	27·6	40 49·5
	18	86 27·7	−12 26·7	55 51·9
	19	101 27·8	25·8	70 54·4
	20	116 27·8	25·0	85 56·9
	21	131 27·8	· · 24·1	100 59·3
	22	146 27·9	23·2	116 01·8
	23	161 27·9	22·4	131 04·2
17	0	176 28·0	−12 21·5	146 06·7
	1	191 28·0	20·7	161 09·2
	2	206 28·0	19·8	176 11·6
	3	221 28·1	· · 18·9	191 14·1
	4	236 28·1	18·1	206 16·6
	5	251 28·2	17·2	221 19·0
	6	266 28·2	−12 16·3	236 21·5
	7	281 28·2	15·4	251 24·0
	8	296 28·3	14·6	266 26·4
	9	311 28·3	· · 13·7	281 28·9
	10	326 28·4	12·8	296 31·3
	11	341 28·4	12·0	311 33·8
	12	356 28·4	−12 11·1	326 36·3
	13	11 28·5	10·2	341 38·7
	14	26 28·5	09·4	356 41·2
	15	41 28·6	· · 08·5	11 43·7
	16	56 28·6	07·6	26 46·1
	17	71 28·7	06·8	41 48·6
	18	86 28·7	−12 05·9	56 51·1
	19	101 28·7	05·0	71 53·5
	20	116 28·8	04·1	86 56·0
	21	131 28·8	· · 03·3	101 58·5
	22	146 28·9	02·4	117 00·9
	23	161 28·9	01·5	132 03·4
	24	176 29·0	−12 00·6	147 05·8
Δ		–	+9	

STELLE NOME	360°−α ° ′	DECL. ° ′
Acamar	315 39·6	−40 24·3
Achernar	335 47·9	−57 21·7
Acrux	173 40·2	−62 58·0
Adhara	255 34·2	−28 56·6
Alamak	329 23·4	+42 13·1
Albireo	67 33·8	+27 54·5
Aldebaran	291 21·4	+16 27·7
Algenib	357 00·0	+15 03·1
Algol	313 20·6	+40 52·0
Alioth	166 44·9	+56 05·0
Al Na'ir	28 19·3	−47 04·6
Alnilam	276 14·6	− 1 13·2
Alphard	218 23·3	− 8 33·5
Altair	62 35·8	+ 8 48·3
Ankaa	353 43·6	−42 26·3
Antares	113 00·7	−26 22·7
Arcturus	146 21·1	+19 18·1
Atria	108 27·9	−68 58·8
Avior	234 28·8	−59 26·2
Bellatrix	279 01·9	+ 6 19·6
Benetnasch	153 20·7	+49 25·6
Betelg'se	271 31·4	+ 7 24·1
Canopus	264 08·2	−52 41·3
Capella	281 15·6	+45 58·6
Castor	246 43·3	+31 56·4
Cor Caroli	166 15·9	+38 26·5
Deneb	49 51·0	+45 11·7
Den.Kaitos	349 24·2	−18 07·2
Denebola	183 01·9	+14 42·1
Dubhe	194 25·3	+61 52·5
Elnath	278 47·9	+28 35·3
Enif	34 14·9	+ 9 45·9
Etamin	90 59·4	+51 29·3
Fomalhaut	15 55·2	−29 45·0
Gacrux	172 31·7	−56 58·7
Gemma	126 34·7	+26 47·4
Gienah	176 20·9	−17 24·7
Hadar	149 27·4	−60 15·3
Hamal	328 32·5	+23 21·1
Kaus.Aust.	84 21·2	−34 23·7
Kochab	137 18·7	+74 14·9
Markab	14 06·5	+15 04·6
Menkar	314 44·4	+ 3 59·7
Merak	194 53·2	+56 30·4
Menkent	148 40·5	−36 15·1
Miapl'dus	221 44·6	−69 37·3
Mirach	342 54·1	+35 29·8
Mirfak	309 20·5	+49 46·8
Mizar	159 15·2	+55 02·6
Nunki	76 33·2	−26 19·5
Peacock	54 03·8	−56 48·6
Phact	275 17·9	−34 05·5
Pollux	244 01·6	+28 04·9
Procyon	245 28·7	+ 5 17·0
R'alhague	96 32·6	+12 34·5
Regulus	208 12·9	+12 04·8
Rigel	281 38·8	− 8 13·9
Rigil Kent.	140 29·7	−60 43·9
Ruchbah	338 56·3	+60 06·9
Rutilico	112 42·0	+21 32·3
Sabik	102 44·8	−15 41·7
Saiph	273 20·3	− 9 40·9
Scheat	14 20·9	+27 57·3
Schedir	350 12·9	+56 24·6
Scheddi	33 34·3	−16 14·2
Shaula	97 00·1	−37 05·1
Sirius	258 58·2	−16 41·3
Sirah	358 12·8	+28 57·6
Spica	159 00·6	−11 02·3
Suhail	223 12·6	−43 20·4
Vega	80 58·2	+38 45·5
Zub'g'bi	137 36·4	−15 56·6

SORGERE E TRAMONTO

LAT. °	SOLE SORG. h m	SOLE CREP. h m	LUNA SORGERE 15 h m	16 h m	17 h m	18 h m
N 70	8 33	6 13	16 36	18 35	20 32	22 31
68	8 18	6 11	16 46	18 38	20 29	22 20
66	8 05	6 10	16 55	18 40	20 26	22 12
64	7 55	6 08	17 02	18 43	20 24	22 04
62	7 46	6 07	17 08	18 44	20 22	21 58
60	7 38	6 06	17 13	18 46	20 20	21 53
58	7 31	6 04	17 18	18 48	20 18	21 48
56	7 25	6 03	17 22	18 49	20 17	21 44
54	7 20	6 02	17 25	18 50	20 15	21 40
52	7 15	6 01	17 29	18 51	20 14	21 37
50	7 11	6 00	17 32	18 52	20 13	21 34
45	7 01	5 57	17 38	18 54	20 11	21 27
40	6 53	5 54	17 44	18 56	20 09	21 22
35	6 46	5 51	17 48	18 58	20 07	21 17
30	6 40	5 47	17 52	18 59	20 06	21 13
20	6 29	5 41	17 59	19 01	20 04	21 06
N 10	6 20	5 34	18 06	19 04	20 02	21 00
0	6 11	5 25	18 11	19 06	20 00	20 54
S 10	6 02	5 15	18 17	19 08	19 58	20 48
20	5 52	5 02	18 23	19 10	19 56	20 42
30	5 40	4 46	18 30	19 12	19 54	20 35
35	5 34	4 35	18 34	19 14	19 52	20 31
40	5 26	4 23	18 39	19 15	19 51	20 27
45	5 17	4 07	18 44	19 17	19 49	20 22
50	5 06	3 47	18 50	19 19	19 47	20 16
52	5 01	3 37	18 53	19 20	19 46	20 13
54	4 56	3 25	18 56	19 21	19 45	20 10
56	4 50	3 12	19 00	19 23	19 44	20 07
58	4 43	2 55	19 04	19 24	19 43	20 03
S 60	4 35	2 35	19 08	19 25	19 42	19 59

LAT. °	SOLE TRAM. h m	SOLE CREP. h m	LUNA TRAMONTO 15 h m	16 h m	17 h m	18 h m
N 70	15 56	17 05	7 40	7 35	7 31	7 26
68	16 12	17 13	7 28	7 30	7 31	7 32
66	16 24	17 20	7 18	7 25	7 31	7 37
64	16 35	17 26	7 10	7 21	7 31	7 41
62	16 44	17 31	7 02	7 17	7 31	7 44
60	16 51	17 35	6 56	7 14	7 31	7 48
58	16 58	17 39	6 50	7 11	7 31	7 50
56	17 04	17 43	6 45	7 09	7 31	7 53
54	17 09	17 46	6 41	7 07	7 31	7 55
52	17 14	17 49	6 37	7 05	7 31	7 57
50	17 18	17 52	6 33	7 03	7 31	7 59
45	17 28	17 58	6 25	6 59	7 31	8 03
40	17 36	18 04	6 18	6 55	7 31	8 07
35	17 43	18 09	6 12	6 52	7 31	8 10
30	17 49	18 13	6 07	6 50	7 31	8 13
20	17 59	18 22	5 58	6 45	7 31	8 17
N 10	18 09	18 30	5 50	6 41	7 31	8 21
0	18 18	18 39	5 43	6 37	7 31	8 25
S 10	18 27	18 48	5 35	6 33	7 31	8 29
20	18 36	18 59	5 27	6 29	7 31	8 33
30	18 48	19 12	5 17	6 24	7 31	8 38
35	18 54	19 20	5 12	6 21	7 31	8 41
40	19 02	19 30	5 06	6 18	7 31	8 44
45	19 10	19 42	4 58	6 14	7 31	8 47
50	19 21	19 56	4 50	6 10	7 31	8 51
52	19 26	20 03	4 46	6 08	7 30	8 53
54	19 31	20 10	4 41	6 05	7 30	8 55
56	19 37	20 19	4 36	6 03	7 30	8 58
58	19 44	20 29	4 31	6 00	7 30	9 00
S 60	19 52	20 40	4 24	5 57	7 30	9 03

PASSAGGIO AL MERIDIANO DI GREENWICH

d	SOLE h m s	VENERE h m	MARTE h m	GIOVE h m	SATURNO h m	LUNA R/24 h m
15	12 14 13	10 08	19 29	15 43	22 18	24 24
16	12 14 10	10 10	19 26	15 39	22 14	0 24
17	12 14 06	10 11	19 24	15 36	22 10	1 18
360° − α		63°	283°	340°	240°	

Luna piena 15d 16h 43m

ESEMPIO DI CALCOLO COMMENTATO

Si sia effettuata una osservazione allo scopo di ricavare una retta di altezza di Sole, ed i dati relativi siano i seguenti:

latitudine stimata φ_s	=	43° 12′,3 N
longitudine stimata λ_s	=	7° 23′,4 E
giorno-mese-anno		17 febbraio 1976
ore-minuti-secondi		$11^h\ 20^m\ 17^s$
(tempo medio di Greenwich)		
altezza misurata sull'orizzonte del bordo inferiore del Sole	=	34° 09′,0
altezza sul livello del mare dell'occhio dell'osservatore	=	3 metri circa

Rileviamo innanzitutto i dati che ci occorrono per proseguire i calcoli dalle Effemeridi Nautiche.

Come si vede a pagina 41, per le ore 11 si hanno i seguenti dati:

angolo orario di Greenwich	T	=	341° 28′,4
declinazione del Sole	δ	=	— 12° 12′,0
	Δ	=	+ 9

Il valore di Δ è la variazione oraria di δ e serve per la interpolazione.

Questa interpolazione tiene conto che vogliamo i valori di T e δ per le $11^h 20^m 17^s$, mentre finora le tabelle ce l'hanno fornita solo per le ore 11.

20 m

Sec.	SOLE E PIANETI	♈	LUNA	Δ	pp	Δ	pp	Δ	pp
	° ′	° ′	° ′		′		′		′
0	5 00.0	5 00.8	4 46.3	0	0.0	60	2.1	120	4.1
1	5 00.3	5 01.1	4 46.6	1	0.0	61	2.1	121	4.1
2	5 00.5	5 01.3	4 46.8	2	0.1	62	2.1	122	4.2
3	5 00.8	5 01.6	4 47.0	3	0.1	63	2.2	123	4.2
4	5 01.0	5 01.8	4 47.3	4	0.1	64	2.2	124	4.2
5	5 01.3	5 02.1	4 47.5	5	0.2	65	2.2	125	4.3
6	5 01.5	5 02.3	4 47.8	6	0.2	66	2.3	126	4.3
7	5 01.8	5 02.6	4 48.0	7	0.2	67	2.3	127	4.3
8	5 02.0	5 02.8	4 48.2	8	0.3	68	2.3	128	4.4
9	5 02.3	5 03.1	4 48.5	9	0.3	69	2.4	129	4.4
10	5 02.5	5 03.3	4 48.7	10	0.3	70	2.4	130	4.4
11	5 02.8	5 03.6	4 49.0	11	0.4	71	2.4	131	4.5
12	5 03.0	5 03.8	4 49.2	12	0.4	72	2.5	132	4.5
13	5 03.3	5 04.1	4 49.4	13	0.4	73	2.5	133	4.5
14	5 03.5	5 04.3	4 49.7	14	0.5	74	2.5	134	4.6
15	5 03.8	5 04.6	4 49.9	15	0.5	75	2.6	135	4.6
16	5 04.0	5 04.8	4 50.2	16	0.5	76	2.6	136	4.6
17	5 04.3	5 05.1	4 50.4	17	0.6	77	2.6	137	4.7
18	5 04.5	5 05.3	4 50.6	18	0.6	78	2.7	138	4.7
19	5 04.8	5 05.6	4 50.9	19	0.6	79	2.7	139	4.7
20	5 05.0	5 05.8	4 51.1	20	0.7	80	2.7	140	4.8
21	5 05.3	5 06.1	4 51.3	21	0.7	81	2.8	141	4.8
22	5 05.5	5 06.3	4 51.6	22	0.8	82	2.8	142	4.9
23	5 05.8	5 06.6	4 51.8	23	0.8	83	2.8	143	4.9
24	5 06.0	5 06.8	4 52.1	24	0.8	84	2.9	144	4.9
25	5 06.3	5 07.1	4 52.3	25	0.9	85	2.9	145	5.0
26	5 06.5	5 07.3	4 52.5	26	0.9	86	2.9	146	5.0
27	5 06.8	5 07.6	4 52.8	27	0.9	87	3.0	147	5.0
28	5 07.0	5 07.8	4 53.0	28	1.0	88	3.0	148	5.1
29	5 07.3	5 08.1	4 53.3	29	1.0	89	3.0	149	5.1
30	5 07.5	5 08.3	4 53.5	30	1.0	90	3.1	150	5.1
31	5 07.8	5 08.6	4 53.7	31	1.1	91	3.1	151	5.2
32	5 08.0	5 08.8	4 54.0	32	1.1	92	3.1	152	5.2
33	5 08.3	5 09.1	4 54.2	33	1.1	93	3.2	153	5.2
34	5 08.5	5 09.3	4 54.4	34	1.2	94	3.2	154	5.3
35	5 08.8	5 09.6	4 54.7	35	1.2	95	3.2	155	5.3
36	5 09.0	5 09.8	4 54.9	36	1.2	96	3.3	156	5.3
37	5 09.3	5 10.1	4 55.2	37	1.3	97	3.3	157	5.4
38	5 09.5	5 10.3	4 55.4	38	1.3	98	3.3	158	5.4
39	5 09.8	5 10.6	4 55.6	39	1.3	99	3.4	159	5.4
40	5 10.0	5 10.8	4 55.9	40	1.4	100	3.4	160	5.5
41	5 10.3	5 11.1	4 56.1	41	1.4	101	3.5	161	5.5
42	5 10.5	5 11.4	4 56.4	42	1.4	102	3.5	162	5.5
43	5 10.8	5 11.6	4 56.6	43	1.5	103	3.5	163	5.6
44	5 11.0	5 11.9	4 56.8	44	1.5	104	3.6	164	5.6
45	5 11.3	5 12.1	4 57.1	45	1.5	105	3.6	165	5.6
46	5 11.5	5 12.4	4 57.3	46	1.6	106	3.6	166	5.7
47	5 11.8	5 12.6	4 57.5	47	1.6	107	3.7	167	5.7
48	5 12.0	5 12.9	4 57.8	48	1.6	108	3.7	168	5.7
49	5 12.3	5 13.1	4 58.0	49	1.7	109	3.7	169	5.8
50	5 12.5	5 13.4	4 58.3	50	1.7	110	3.8	170	5.8
51	5 12.8	5 13.6	4 58.5	51	1.7	111	3.8	171	5.8
52	5 13.0	5 13.9	4 58.7	52	1.8	112	3.8	172	5.9
53	5 13.3	5 14.1	4 59.0	53	1.8	113	3.9	173	5.9
54	5 13.5	5 14.4	4 59.2	54	1.8	114	3.9	174	5.9
55	5 13.8	5 14.6	4 59.5	55	1.9	115	3.9	175	6.0
56	5 14.0	5 14.9	4 59.7	56	1.9	116	4.0	176	6.0
57	5 14.3	5 15.1	4 59.9	57	1.9	117	4.0	177	6.0
58	5 14.5	5 15.4	5 00.2	58	2.0	118	4.0	178	6.1
59	5 14.8	5 15.6	5 00.4	59	2.0	119	4.1	179	6.1
60	5 15.0	5 15.9	5 00.7	60	2.1	120	4.1	180	6.2

21 m

Sec.	SOLE E PIANETI	♈	LUNA	Δ	pp	Δ	pp	Δ	pp
	° ′	° ′	° ′		′		′		′
0	5 15.0	5 15.9	5 00.7	0	0.0	60	2.2	120	4.3
1	5 15.3	5 16.1	5 00.9	1	0.0	61	2.2	121	4.3
2	5 15.5	5 16.4	5 01.1	2	0.1	62	2.2	122	4.4
3	5 15.8	5 16.6	5 01.4	3	0.1	63	2.3	123	4.4
4	5 16.0	5 16.9	5 01.6	4	0.1	64	2.3	124	4.4
5	5 16.3	5 17.1	5 01.8	5	0.2	65	2.3	125	4.5
6	5 16.5	5 17.4	5 02.1	6	0.2	66	2.4	126	4.5
7	5 16.8	5 17.6	5 02.3	7	0.3	67	2.4	127	4.6
8	5 17.0	5 17.9	5 02.6	8	0.3	68	2.4	128	4.6
9	5 17.3	5 18.1	5 02.8	9	0.3	69	2.5	129	4.6
10	5 17.5	5 18.4	5 03.0	10	0.4	70	2.5	130	4.7
11	5 17.8	5 18.6	5 03.3	11	0.4	71	2.5	131	4.7
12	5 18.0	5 18.9	5 03.5	12	0.4	72	2.6	132	4.7
13	5 18.3	5 19.1	5 03.8	13	0.5	73	2.6	133	4.8
14	5 18.5	5 19.4	5 04.0	14	0.5	74	2.7	134	4.8
15	5 18.8	5 19.6	5 04.2	15	0.5	75	2.7	135	4.8
16	5 19.0	5 19.9	5 04.5	16	0.6	76	2.7	136	4.9
17	5 19.3	5 20.1	5 04.7	17	0.6	77	2.8	137	4.9
18	5 19.5	5 20.4	5 04.9	18	0.6	78	2.8	138	4.9
19	5 19.8	5 20.6	5 05.2	19	0.7	79	2.8	139	5.0
20	5 20.0	5 20.9	5 05.4	20	0.7	80	2.9	140	5.0
21	5 20.3	5 21.1	5 05.7	21	0.8	81	2.9	141	5.1
22	5 20.5	5 21.4	5 05.9	22	0.8	82	2.9	142	5.1
23	5 20.8	5 21.6	5 06.1	23	0.8	83	3.0	143	5.1
24	5 21.0	5 21.9	5 06.4	24	0.9	84	3.0	144	5.2
25	5 21.3	5 22.1	5 06.6	25	0.9	85	3.0	145	5.2
26	5 21.5	5 22.4	5 06.9	26	0.9	86	3.1	146	5.2
27	5 21.8	5 22.6	5 07.1	27	1.0	87	3.1	147	5.3
28	5 22.0	5 22.9	5 07.3	28	1.0	88	3.2	148	5.3
29	5 22.3	5 23.1	5 07.6	29	1.0	89	3.2	149	5.3
30	5 22.5	5 23.4	5 07.8	30	1.1	90	3.2	150	5.4
31	5 22.8	5 23.6	5 08.0	31	1.1	91	3.3	151	5.4
32	5 23.0	5 23.9	5 08.3	32	1.1	92	3.3	152	5.4
33	5 23.3	5 24.1	5 08.5	33	1.2	93	3.3	153	5.5
34	5 23.5	5 24.4	5 08.8	34	1.2	94	3.4	154	5.5
35	5 23.8	5 24.6	5 09.0	35	1.3	95	3.4	155	5.6
36	5 24.0	5 24.9	5 09.2	36	1.3	96	3.4	156	5.6
37	5 24.3	5 25.1	5 09.5	37	1.3	97	3.5	157	5.6
38	5 24.5	5 25.4	5 09.7	38	1.4	98	3.5	158	5.7
39	5 24.8	5 25.6	5 10.0	39	1.4	99	3.5	159	5.7
40	5 25.0	5 25.9	5 10.2	40	1.4	100	3.6	160	5.7
41	5 25.3	5 26.1	5 10.4	41	1.5	101	3.6	161	5.8
42	5 25.5	5 26.4	5 10.7	42	1.5	102	3.7	162	5.8
43	5 25.8	5 26.6	5 10.9	43	1.5	103	3.7	163	5.8
44	5 26.0	5 26.9	5 11.1	44	1.6	104	3.7	164	5.9
45	5 26.3	5 27.1	5 11.4	45	1.6	105	3.8	165	5.9
46	5 26.5	5 27.4	5 11.6	46	1.6	106	3.8	166	5.9
47	5 26.8	5 27.6	5 11.9	47	1.7	107	3.8	167	6.0
48	5 27.0	5 27.9	5 12.1	48	1.7	108	3.9	168	6.0
49	5 27.3	5 28.1	5 12.3	49	1.8	109	3.9	169	6.1
50	5 27.5	5 28.4	5 12.6	50	1.8	110	3.9	170	6.1
51	5 27.8	5 28.6	5 12.8	51	1.8	111	4.0	171	6.1
52	5 28.0	5 28.9	5 13.1	52	1.9	112	4.0	172	6.2
53	5 28.3	5 29.1	5 13.3	53	1.9	113	4.0	173	6.2
54	5 28.5	5 29.4	5 13.5	54	1.9	114	4.1	174	6.2
55	5 28.8	5 29.7	5 13.8	55	2.0	115	4.1	175	6.3
56	5 29.0	5 29.9	5 14.0	56	2.0	116	4.2	176	6.3
57	5 29.3	5 30.2	5 14.3	57	2.0	117	4.2	177	6.3
58	5 29.5	5 30.4	5 14.5	58	2.1	118	4.2	178	6.4
59	5 29.8	5 30.7	5 14.7	59	2.1	119	4.3	179	6.4
60	5 30.0	5 30.9	5 15.0	60	2.2	120	4.3	180	6.5

Nelle pagine gialle al fondo e precisamente nella pagina con l'intestazione 20^m, riportata a pagina 43, si ha:

per 17^s (cioè 20^m 17^s) nel caso di Sole = 5°04',3

per $\Delta = 9$ pp (cioè parti proporzionali) = 0,3

Il primo valore si somma a T per ottenere l'angolo orario ed il secondo si somma algebricamente a δ (con il suo segno) per avere la declinazione:

$$T = 341°28',4 + 5°04',3 = 346°32',7$$

$$\delta = -12°12',0 + 0,3 = -12°11',7$$ (il segno — significa che si tratta di declinazione Sud).

Per ottenere l'angolo orario locale del Sole bisogna sommare la longitudine all'angolo orario di Greenwich T, cioè nel nostro caso:

$$T_o = 346°32',7 + 7°23',4 = 353°56',1$$

Ricordarsi che si somma se la longitudine è Est e si sottrae se la longitudine è W.

Vogliamo ora correggere l'altezza misurata dagli errori dovuti alla depressione sull'orizzonte, rifrazione, semidiametro. Posto che l'errore d'indice del sestante sia nullo (ed il mio sestante è stato regolato in modo che sia proprio così), usando la tabella delle « correzioni di altezze di Sole » al fondo delle pagine gialle e riportata a pagina 54, si ha:

altezza misurata	34°09',0
prima corr. (per 3 m di elev.)	17',0
seconda corr.	54',8
	34°80',8
(si tolgono sempre 60')	— 60',0
altezza effettiva osservata	34°20',8

Ed a questo punto con le Effemeridi abbiamo finito. I dati che ci servono per procedere sono i seguenti:

latitudine stimata	φ_s	=	43°12',3 N	=	43,205
longitudine stimata	λ_s	=	7°23',4 E	=	7,390
angolo orario locale del Sole	T_o	=	353°56',1	=	353,935
declinazione del Sole	δ	=	— 12°11',7	=	— 12,195
altezza effettiva osservata	h_o	=	34°20',8		

Sono state fatte con il calcolatore le trasformazioni dei minuti e delle frazioni decimali di minuto in frazioni decimali di grado.

Per far ciò è sufficiente dividere il valore dei minuti e frazioni per 60, sommando quindi il valore dei gradi, come già visto.

A questo punto si devono risolvere con il calcolatore le due formule, quella che dà l'altezza calcolata h e quella che dà l'azimut Z. La prima, per ottenere l'altezza h, è:

$$\sin h = \sin \delta \sin \varphi_s + \cos \delta \cos \varphi_s \cos T_o$$

La seconda formula, quella che fornisce l'azimut Z, è:

$$\cos Z = \frac{\sin \delta - \sin \varphi_s \sin h}{\cos h \cos \varphi_s}$$

dove si considerano φ_s e δ con il proprio segno, positivo per Nord e negativo per Sud. Il valore di Z trovato è l'azimut astronomico e per ottenere l'azimut vero, come si riporta sulla carta nautica, cioè con lo stesso sistema dei rilevamenti dei fari, si applica la seguente regoletta:

azimut = Z se l'astro è ad Est del meridiano locale ($T_o > 180°$)
azimut = 360°-Z se l'astro è ad Ovest del meridiano locale ($T_o < 180°$)

Il calcolo ci fornisce dunque i seguenti valori:

Per l'altezza h si ha:

$\delta = -12{,}195$ $\qquad$ $\sin \delta = -0{,}2112395003$

$\varphi_s = 43{,}205$ $\quad \sin \varphi_s = 0{,}6846107177$

$\sin \delta \sin \varphi_s = -0{,}1446168259$

$\cos \delta = 0{,}9774343321$

$\cos \varphi_s = 0{,}7289088866$

$T_o = 353{,}935$ $\quad \cos T_o = 0{,}9944026717$

$\cos\delta \cos \varphi_s \cos T_o = 0{,}7084726951$

$\sin h = 0{,}5638558692$

arc sin 0,5638558692 cioè $h = 34{,}32287849 = 34°19',4$

Per l'azimut Z si ha:

$\cos \varphi_s = 0{,}7289088866$

$\sin \delta = -0{,}2112395003$

$\sin \varphi_s = 0{,}6846107177$

$\sin h = 0{,}5638558692$

che sono valori già calcolati sopra e riportati tali e quali.

$\sin \varphi_s \sin h = 0{,}3860217713$

$h = 34{,}32287849$ $\quad \cos h = 0{,}8258732102$

$\cos h \cos \varphi_s = 0{,}6019863220$

$\sin \delta - \sin \varphi_s \sin h = -0{,}5972612714$

$\cos Z = -0{,}9921509004$

arc cos (—0,9921509004) cioè $Z = 172°{,}8165673 = 172°49'$

che è anche l'azimut vero, secondo la regoletta data precedentemente.

I dati finali che servono per tracciare la retta di altezza sono quindi:

latitudine stimata φ_s	=	43°12',3 N
longitudine stimata λ_s	=	7°23',4 E
azimut del Sole	=	172°49'
$\Delta h = h_o - h$	=	1',4 (verso il Sole)

Il segno di Δ h è tale che se $\Delta h > 0$ si prende il punto di intersezione della retta di altezza verso il Sole, mentre se $\Delta h < 0$ allora sulla carta nautica si va nella direzione contraria al Sole.

Le operazioni di calcolo con l'HP 21 si potrebbero per esempio svolgere nella seguente successione:

introdurre δ	12.195 CHS	
	ENTER	
	SIN	
introdurre φ_s	43.205	
	STO	
	SIN	
	×	
	X⇆Y	
	COS	
	RCL	
	COS	
	×	
introdurre T_o	353.935	
	COS	
	×	
	+	
	STO	
	BLU-SIN^{-1}	34.32287849
	ENTER	
	ENTER	
introdurre i gradi		
interi di h	34	
	—	
	60	
	×	19.3727094

cioè h = 34°19',37... ed in memoria c'è sin h, mentre nel registro Y c'è h. Proseguendo senza toccare nulla sul calcolatore e soprat-

tutto senza azzerare o spegnere, perché ci sono dei dati sia in memoria che in catasta, si ha:

	X⇆Y	
	RCL	
introdurre nuovamente φ_s	43.205	
	STO	
	SIN	
	×	
	X⇆Y	
	COS	
	RCL	
	COS	
	×	
	X⇆Y	
introdurre nuovamente δ	12.195 CHS	
	SIN	
	—	
	CHS	
	X⇆Y	
	÷	
	BLU COS^{-1}	172.8165674
	360	
	—	se $T_o < 180°$
	CHS	

Abbiamo ottenuto Z = 172°.8

Lo stesso calcolo può essere effettuato con il calcolatore scientifico tascabile Texas SR 56.

Utilizzando stavolta la sua capacità di essere programmato, l'inserimento del programma si effettua così:

LRN
(caricare programma)
LRN
RST

Il programma, riportato più avanti, effettua le conversioni gradi, primi e decimi a gradi, frazioni decimali per i dati in ingresso.

Inoltre, per il solo valore dell'altezza h ottenuto come risultato del calcolo, il programma opera la conversione inversa, fornendo h in gradi, primi e frazioni decimali. Il valore dell'angolo azimutale Z è ottenuto in gradi e frazioni decimali.

Consigliamo ora di effettuare il calcolo di prova già utilizzato, i cui dati sono:

$$\delta = -12°11'.7 = -12.117$$
$$\varphi_s = 43°12'.3 = 43.123$$
$$T_o = 353°56'.1 = 353.561$$

(espressi in gradi (virgola) primi e decimi di primo).

(caricare δ in gradi, primi e decimi)
R/S

(caricare φ_s in gradi, primi e decimi)
R/S

(caricare T_o in gradi, primi e decimi)
R/S

(si ottiene h in gradi, primi e frazioni decimali)
R/S

(si ottiene Z in gradi e frazioni decimali)
CLR
RST

I valori dei risultati che si ottengono sono i seguenti:

$$h = 34.1937271 = 34°19'.37271$$
$$Z = 172.8165674 = 172°.8165674$$

Il programma è il seguente:

```
2nd Subr 70
STO 1
R/S
2nd Subr 70
STO 2
R/S
2nd Subr 70
STO 3
RCL 1
Sin
× RCL 2
Sin
+ RCL 1
Cos
× RCL 2
Cos
× RCL 3
Cos
=
INV Sin
STO 4
2nd Subr 81
R/S
( RCL 1
Sin
— RCL 2
Sin
× RCL 4
Sin
) ÷
RCL 4
```

Cos
÷
RCL 2
Cos
=
INV Cos
R/S
— (
2nd INV Int
— CE
÷ .6 =
2nd rtn
— (
2nd INV Int
— CE
× .6 =
2nd rtn

OSSERVAZIONI

Si noti che non si sono fatte interpolazioni, né si è dovuto scegliere un punto di « partenza » per la tracciatura grafica della retta d'altezza diverso da quello stimato.

Questo fatto di fare interpolazioni e scegliere punti diversi di partenza sono le dolenti note dei sistemi di calcolo del triangolo sferico di posizione basati sulle tavole HO 214 oppure HO 249.

Le tavole sono in definitiva una raccolta di un certo numero finito di triangoli sferici di posizione già risolti. Ricordiamo che il triangolo sferico di posizione è quello avente per vertici il polo Nord, il punto dove si trova l'osservatore ed il punto subastrale, quello cioè nel quale si avrebbe l'astro osservato allo zenith.

Per poter raccogliere in questo modo i triangoli sferici risolti occorre tenere in conto certi accorgimenti per fare in modo che il caso che si calcola, uno tra gli infiniti possibili, vada a cadere in uno di quelli già risolti dalle tavole. Per poter fare questo, si scende a compromessi che complicano poi le cose, specie se le rette di altezza da tracciare sono più di una.

Con il calcolatore invece il punto scelto è sempre quello stimato, anche nel caso di più osservazioni e quindi più rette. Nel caso di stelle o di Luna, la parte dei calcoli che cambia è solamente quella corrispondente all'ottenimento dell'angolo orario dell'astro, cioè quella che si esegue con le Effemeridi Nautiche.

Nelle Effemeridi Nautiche è riportato un esempio applicativo in cui sono chiaramente esposte le differenze tra i calcoli nei vari casi, Sole, stelle o Luna per ottenere l'angolo orario.

Anche le correzioni delle altezze osservate sono diverse, ma si tratta di usare altre tabelle di correzione che compaiono al fondo delle pagine gialle delle Effemeridi Nautiche; l'uso di queste tabel-

le è intuitivo e non crea alcuna difficoltà. Una volta che si conoscano i valori dell'angolo orario dell'astro e la sua declinazione, si procede alla soluzione del triangolo sferico di posizione mediante l'uso del calcolatore, allo stesso modo illustrato nell'esempio del Sole.

Si può ovviamente ottenere un punto nave facendo uso della latitudine meridiana unitamente ad una osservazione di Sole al mattino od al pomeriggio, i cui calcoli si effettuano con il metodo del calcolatore.

Si intende per meridiana o meglio latitudine meridiana quel calcolo semplificato di retta d'altezza, effettuato allorché il Sole passa al meridiano locale e che permette di ottenere appunto una latitudine del luogo di osservazione conoscendo l'altezza del Sole e la sua declinazione.

Tuttavia il metodo di calcolo della retta d'altezza con il calcolatore è semplice e suscettibile di diventare un sistema in cui l'acquisizione di un notevole automatismo giuoca un ruolo assai importante nella facilità di esecuzione delle varie operazioni.

A questo punto conviene non considerare il calcolo della meridiana come un caso particolare, ma effettuare in tutte le circostanze la serie dei calcoli standard che abbiamo illustrato. Si può cioè osservare in prossimità della culminazione come in qualsiasi altro istante.

La meridiana in effetti complica l'osservazione, che deve essere effettuata in culminazione, cioè ad un istante ben preciso, il che rappresenta un certo vincolo.

Se poi l'osservazione è avvenuta esattamente in culminazione poiché sarà $T_0 = 180^\circ$ esatti, sarà automatica una certa semplificazione nei calcoli, che verranno tuttavia portati avanti sempre seguendo lo schema che abbiamo illustrato. Questo discorso vale ancor più allorché si impiega il calcolatore programmabile.

I = lembo inferiore

CORREZIONI DELLE ALTEZZE DI SOLE

S = lembo superiore

PRIMA CORREZIONE

Elevazione dell'occhio

m	'
2.4	17.2
2.6	17.1
2.8	17.0
3.0	16.9
3.2	16.8
3.4	16.7
3.6	16.6
3.8	16.5
4.0	16.4
4.3	16.3
4.5	16.2
4.7	16.1
5.0	16.0
5.2	15.9
5.5	15.8
5.8	15.7
6.1	15.6
6.3	15.5
6.6	15.4
6.9	15.3
7.2	15.2
7.5	15.1
7.9	15.0
8.2	14.9
8.5	14.8
8.8	14.7
9.2	14.6
9.5	14.5
9.9	14.4
10.3	14.3
10.6	14.2
11.0	14.1
11.4	14.0
11.8	13.9
12.2	13.8
12.6	13.7
13.0	13.6
13.4	13.5
13.8	13.4
14.2	13.3
14.7	13.2
15.1	13.1
15.5	13.0
16.0	12.9
16.5	12.8
16.9	12.7
17.4	12.6
17.9	12.5
18.4	12.4
18.8	12.3
19.3	12.2
19.8	12.1
20.4	12.0
20.9	11.9
21.4	

m	'
1.0	18.2
1.5	17.8
2.0	17.5
2.5	17.2
3.0	17.0
20	12.1
22	11.7
24	11.4
26	11.0
28	10.7
30	10.4
32	10.0
34	9.7
36	9.4
38	9.2
40	8.9
42	8.6
44	8.3
46	8.1
48	7.8

NOTA. Se l'altezza osservata, o l'elevazione dell'occhio, corrisponde esattamente al valore della tavola, scegliere il valore superiore fra le due correzioni possibili.

SECONDA CORREZIONE

Altezza osservata

OTT. - MAR. ° '	I '	S '	APR. - SETT. ° '	I '	S '
9 34	50.8	18.5	9 39	50.6	18.8
9 45	50.9	18.6	9 51	50.7	18.9
9 56	51.0	18.7	10 03	50.8	19.0
10 08	51.1	18.8	10 15	50.9	19.1
10 21	51.2	18.9	10 27	51.0	19.2
10 34	51.3	19.0	10 40	51.1	19.3
10 47	51.4	19.1	10 54	51.2	19.4
11 01	51.5	19.2	11 08	51.3	19.5
11 15	51.6	19.3	11 23	51.4	19.6
11 30	51.7	19.6	11 38	51.5	19.7
11 46	51.8	19.5	11 54	51.6	19.8
12 02	51.9	19.4	12 10	51.7	19.9
12 19	52.0	19.7	12 28	51.8	20.0
12 37	52.1	19.8	12 46	51.9	20.1
12 55	52.2	19.9	13 05	52.0	20.2
13 14	52.3	20.0	13 24	52.1	20.3
13 35	52.4	20.1	13 45	52.2	20.4
13 56	52.5	20.2	14 07	52.3	20.5
14 18	52.6	20.3	14 30	52.4	20.6
14 42	52.7	20.4	14 54	52.5	20.7
15 06	52.8	20.5	15 19	52.6	20.8
15 32	52.9	20.6	15 46	52.7	20.9
15 59	53.0	20.7	16 14	52.8	21.0
16 28	53.1	20.8	16 44	52.9	21.1
16 59	53.2	20.9	17 15	53.0	21.2
17 32	53.3	21.0	17 48	53.1	21.3
18 06	53.4	21.1	18 24	53.2	21.4
18 42	53.5	21.2	19 01	53.3	21.5
19 21	53.6	21.3	19 42	53.4	21.6
20 03	53.7	21.4	20 25	53.5	21.7
20 48	53.8	21.5	21 11	53.6	21.8
21 35	53.9	21.6	22 00	53.7	21.9
22 26	54.0	21.7	22 54	53.8	22.0
23 22	54.1	21.8	23 51	53.9	22.1
24 21	54.2	21.9	24 53	54.0	22.2
25 26	54.3	22.0	26 00	54.1	22.3
26 36	54.4	22.1	27 13	54.2	22.4
27 52	54.5	22.2	28 33	54.3	22.5
29 15	54.6	22.3	30 00	54.4	22.6
30 46	54.7	22.4	31 35	54.5	22.7
32 26	54.8	22.5	33 20	54.6	22.8
34 17	54.9	22.6	35 17	54.7	22.9
36 20	55.0	22.7	37 26	54.8	23.0
38 36	55.1	22.8	39 50	54.9	23.1
41 08	55.2	22.9	42 31	55.0	23.2
43 59	55.3	23.0	45 31	55.1	23.3
47 10	55.4	23.1	48 55	55.2	23.4
50 46	55.5	23.2	52 44	55.3	23.5
54 49	55.6	23.3	57 02	55.4	23.6
59 23	55.7	23.4	61 51	55.5	23.7
64 30	55.8	23.5	67 17	55.6	23.8
70 12	55.9	23.6	73 16	55.7	23.9
76 26	56.0	23.7	79 43	55.8	24.0
83 05	56.1	23.8	86 32	55.9	24.1
90 00			90 00		

Altezza ° '	OTT. - MAR. I '	OTT. - MAR. S '	APR. - SETT. I '	APR. - SETT. S '
3 30	43.3	11.0	43.1	11.3
35	43.6	11.3	43.3	11.5
40	43.8	11.5	43.5	11.7
45	44 0	11.7	43.7	11.9
50	44.2	11.9	43.9	12.1
3 55	44.4	12.1	44.1	12.3
4 00	44.5	12.2	44.3	12.5
05	44.7	12.4	44.5	12.7
10	44.9	12.6	44.6	12.8
15	45.1	12.8	44.8	13.0
20	45.2	12.9	45.0	13.2
25	45.4	13.1	45.1	13.3
4 30	45.6	13.3	45.3	13.5
35	45.7	13.4	45.5	13.7
40	45.9	13.6	45.6	13.8
45	46.0	13.7	45.8	14.0
50	46.2	13.9	45.9	14.1
4 55	46.3	14.0	46.0	14.2
5 00	46.4	14.1	46.2	14.4
05	46.6	14.3	46.3	14.5
10	46.7	14.4	46.4	14.6
15	46.8	14.5	46.6	14.8
20	46.9	14.6	46.7	14.9
25	47.1	14.8	46.8	15.0
5 30	47.2	14.9	46.9	15.1
35	47.3	15.0	47.0	15.2
40	47.4	15.1	47.2	15.4
45	47.5	15.2	47.3	15.5
50	47.6	15.3	47.4	15.6
5 55	47.7	15.4	47.5	15.7
6 00	47.8	15.5	47.6	15.8
10	48.0	15.7	47.8	16.0
20	48.2	15.9	48.0	16.2
30	48.4	16.1	48.1	16.3
40	48.6	16.3	48.3	16.5
6 50	48.7	16.4	48.5	16.7
7 00	48.9	16.6	48.6	16.8
10	49.1	16.8	48.8	17.0
20	49.2	16.9	49.0	17.2
30	49.3	17.0	49.1	17.3
40	49.5	17.2	49.2	17.4
7 50	49.6	17.3	49.4	17.6
8 00	49.7	17.4	49.5	17.7
10	49.9	17.6	49.6	17.8
20	50.0	17.7	49.7	17.9
30	50.1	17.8	49.8	18.0
40	50.2	17.9	50.0	18.2
8 50	50.3	18.0	50.1	18.3
9 00	50.4	18.1	50.2	18.4
10	50.5	18.2	50.3	18.5
20	50.6	18.3	50.4	18.6
30	50.7	18.4	50.5	18.7
40	50.8	18.5	50.6	18.8
9 50	50.9	18.6	50.6	18.8
10 00	51.0	18.7	50.7	18.9

Le correzioni sono tutte positive, ma dall'altezza calcolata bisogna togliere 1° per avere l'altezza vera.

CORREZIONE DELLE ALTEZZE DI SOLE OSSERVATE

Le altezza di Sole osservate debbono essere corrette per alcuni errori che si commettono durante l'osservazione e che sono:

1) errore dovuto all'elevazione dell'occhio sull'orizzonte;

2) errore dovuto alla rifrazione dell'atmosfera e che dipende dall'altezza che si sta osservando;

3) errore dovuto al fatto che si osserva il bordo inferiore del Sole invece che il suo centro.

La correzione di questi errori può essere fatta servendosi della tabella riportata a pagina 54 ed estratta dalle Effemeridi Nautiche, il cui uso è immediato.

Si può però calcolare il valore della correzione da apportare, e tale calcolo si fa risolvendo la seguente formula:

$$\text{correz.} = -1',773\ \sqrt{H} - \frac{0',97}{\mathrm{tg}\,(h - 1',773\ \sqrt{H})} + \frac{0',0011}{\mathrm{tg}^3\,(h - 1',773\ \sqrt{H})} + SD + 0',25$$

dove h è l'altezza di Sole osservata ed H rappresenta l'altezza dell'occhio dalla superficie dell'acqua, misurata in metri, mentre SD è il semidiametro del Sole.

In effetti il semidiametro del sole varia da 16'.15 (dicembre) a 15'.90 (giugno).

Si tenga conto che la formula va bene se h è maggiore di almeno 7°, cosa che accade sempre quando si vogliono osservazioni sicure.

La correzione si opera sommando al valore di altezza osservata h il valore « correz. », per ottenere l'altezza vera h_v.

Esempio: si è osservata un'altezza h = 39°50',6 con una altezza dell'occhio sul mare H = 3,70 metri e siamo nel mese di agosto (semidiametro solare = 15',9).

Sostituendo i valori nella formula di pagina 55 e svolgendo i calcoli, si ottiene:

$h = 39°50',6$	$= 39°.84333...$	
$p = 1',773 \ \sqrt{H}/60$	$= 0°.0568405599$	
$h - p$	$= 39°.78649277$	
$q = tg\ (h - p)$	$= 0.8327692746$	
$1/q$	$= 1.200812795$	
$1/q^3$	$= 1.731513652$	
$r = 0',97/q$	$= 1.164788411$	
$s = 0',0011/q^3$	$= 0.001904665$	
$(-r + s)/60$	$= -0.0193813958$	
$(15,9 + 0,25)/60$	$= 0.2691666667$	
correz.	$= 0.19294471$	$\cong 11'.58$
h_v	$= 40°.03627804$	$\cong 40°02'.18$

Utilizzando l'SR 56 come calcolatore programmabile, un programma che esegue automaticamente le operazioni è il seguente:

— (

2nd INV Int

— CE

÷ . 6 =

— 1.773

×

R/S

2nd $\sqrt{x}$

÷ 60

— (

tan

2nd 1/x
STO 1 ×
.97
— (
RCL 1 ×
x^2 ×
.0011
) —
R/S
— .25
) ÷ 60
— (
2nd INV Int
— CE
÷ .6 =
R/S

Il calcolo si imposta così:

LRN
(caricare programma)
LRN
RST

Per effettuare i calcoli si procede in questo modo:

(caricare altezza osservata, in gradi, primi e decimi)
R/S
(caricare altezza occhio sull'orizzonte, in metri)
R/S
(caricare semidiametro del Sole in primi e decimi)

R/S
(si ottiene altezza corretta in gradi, primi e frazioni)
CLR
RST

Si può utilizzare come calcolo di prova l'esempio calcolato precedentemente. Effettuando un nuovo calcolo si è così certi dell'esattezza del risultato ottenuto.

COME SOSTITUIRE LE EFFEMERIDI NAUTICHE

A questo punto siamo proprietari di un meraviglioso calcolatore tascabile e siamo diventati bravissimi nel gioco della navigazione astronomica perché lo usiamo spesso nelle nostre scorribande marine.

Di gioco infatti si tratta perché il Mediterraneo non richiede a stretto rigore la navigazione astronomica e purtroppo molti di noi navigatori a vela non potranno mai godere dei grandi spazi oceanici!

Però continuiamo a giuocare e (perché no?) a complicare i nostri giuochi.

E la prima complicazione viene subito.

Possedendo un calcolatore scientifico tascabile è possibile eseguire tutta una serie di calcoli, che illustreremo nelle prossime pagine, intesi a trovare il valore dell'angolo orario del Sole e la sua declinazione, cioè in pratica impareremo a fare a meno delle Effemeridi Nautiche.

Anche se non vorremo, ogni volta che calcoliamo il punto, sobbarcarci di fare tutto il conto partendo da zero, possiamo anche soltanto limitarci a calcolare, prima di una vacanza nautica, un « estratto » di Effemeridi Nautiche da utilizzare poi in seguito.

Possiamo per esempio calcolarci, di ora in ora, od anche di mezz'ora in mezz'ora, partendo dalle 8 fino alle 16, le coppie dei valori angolo orario/declinazione, tralasciando le altre ore perché probabilmente in quelle non vengono effettuate osservazioni, per ogni giorno del periodo in cui si resterà in mare.

All'atto dell'utilizzazione di questi dati si può con il calcolatore stesso effettuare una interpolazione lineare tra valori adiacenti per ottenere angolo orario e declinazione alle ore dell'osservazione.

Entriamo ora nel vivo della materia ed iniziamo con una spiegazione sommaria di carattere astronomico per parlare poi dell'esecuzione dei calcoli.

Si suppone che il centro della Terra sia il punto di riferimento fisso.

Un osservatore posto in questo centro idealizzato O vede il Sole che gli gira lentamente intorno impiegando un anno intero per fare il giro completo, muovendosi su un'orbita che si trova su un piano inclinato chiamato eclittica. Il piano di riferimento, quello passante per l'equatore terrestre, è il piano equatoriale.

Si osservi a questo punto la figura 3.

L'eclittica è inclinata di circa 23° rispetto all'equatore e per questo fatto si ha l'alternarsi delle stagioni sulla Terra. L'interse-

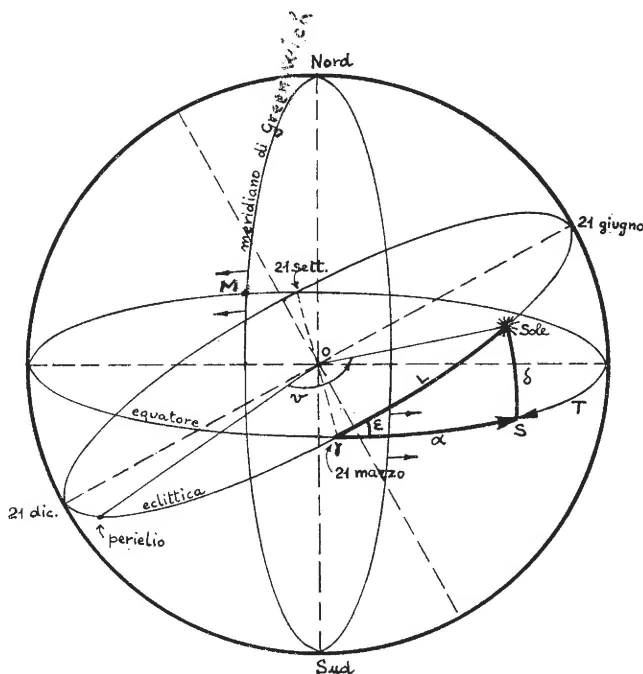


Fig. 3

zione tra eclittica ed equatore è una retta che incontra quella che chiameremo « sfera di riferimento » in due punti: il Sole in primavera ed in autunno, muovendosi apparentemente su questa sfera di riferimento, incontra questi due punti in due momenti ben precisi chiamati « equinozi ». Il punto primaverile è detto « punto γ » (gamma) che serve come punto di partenza del sistema angolare di riferimento sia per l'eclittica che per l'equatore.

Le coordinate misurate sull'eclittica sono la latitudine e la longitudine celeste, mentre quelle misurate sull'equatore sono la « ascensione retta » e « declinazione ». Ovviamente la latitudine del Sole è sempre nulla perché esso si muove proprio sull'eclittica, mentre la sua longitudine L è una grandezza angolare crescente da 0° a 360° a partire dal 21 marzo di un anno fino al 21 marzo dell'anno successivo.

La longitudine L sarà l'elemento che calcoleremo e che ci servirà per avere l'angolo orario e la declinazione, i due elementi incogniti che ricavavamo dalle Effemeridi e che ora vogliamo ottenere dal calcolo.

Il movimento del Sole lungo l'eclittica non è regolare e la sua velocità non è costante. Ciò è dovuto al fatto che la sua orbita è ellittica; il punto in cui è più vicino alla Terra è il « perielio ». Il Sole è in tale configurazione ai primi di gennaio e la sua velocità è maggiore che nel punto opposto raggiunto invece verso i primi di luglio.

Il calcolo del valore di L consiste nella determinazione dell'angolo v detto « anomalia vera » misurato a partire dal perielio. All'anomalia vera si somma la latitudine del perielio, che vale circa 282° e si tiene anche conto del fatto che il punto γ si sposta a causa di un fenomeno che è chiamato « precessione degli equinozi », sul quale non indagheremo oltre.

Chiamiamo N la « data », cioè il numero intero di giorni a partire da una data convenzionale, più le frazioni di giorno corrispondenti alle ore, minuti e secondi.

Stabiliamo come data convenzionale di partenza l'inizio dell'anno 1976, per cui, seguendo la tabellina di pagina 62 il giorno 27 marzo 1976 sarà $N = 60 + 27 = 87$.

Se poi sono le $12^h 35^m 27^s$, si trasforma tutto in frazioni di giorno, facendo il seguente calcolo:

$$\frac{12^h}{24} + \frac{35^m}{24 \times 60} + \frac{27^s}{24 \times 60 \times 60} =$$

$$\frac{12^h}{24} + \frac{35^m}{1440} + \frac{27^s}{86400} = 0^d{,}5246180556$$

Cioè in generale le frazioni di giorno si ottengono così:

$$\frac{\text{ore}}{24} + \frac{\text{minuti}}{1440} + \frac{\text{secondi}}{86400}$$

Sarà quindi N = 87,5246181 giorni.

Ecco la tabella che fornisce la data convenzionale:

	1976	1977	1978	1979	1980
gennaio	0	366	731	1096	1461
febbraio	31	397	762	1127	1492
marzo	60	425	790	1155	1521
aprile	91	456	821	1186	1552
maggio	121	486	851	1216	1582
giugno	152	517	882	1247	1613
luglio	182	547	912	1277	1643
agosto	213	578	943	1308	1674
settembre	244	609	974	1339	1705
ottobre	274	639	1004	1369	1735
novembre	305	670	1035	1400	1766
dicembre	335	700	1065	1430	1796

Si determina ora una quantità chiamata « anomalia media » μ che è data dalla relazione:

$$\mu = (N \cdot 0{,}985600267 - 3{,}7290707) - k \cdot 360°$$

dove k è un numero intero positivo scelto in modo che μ resti compresa, una volta eseguito il calcolo, tra 0° e 360°.

L'anomalia media rappresenta una quantità angolare che cresce mano a mano partendo dal perielio fino al perielio dell'anno successivo, in modo regolare e continuo.

A questo punto si deve calcolare la cosidetta « anomalia eccentrica » *u*, con un calcolo che tiene conto delle leggi di Keplero sul moto planetario. Le due anomalie u e μ sono legate dalla relazione:

$$u = \mu + p \sin u$$

che è una relazione trigonometrica in cui l'incognita u non è esplicita. Il coefficiente p è un numero che dipende dalla forma dell'orbita della Terra e più avanti se ne dà il valore numerico.

Per calcolare u si deve eseguire una serie di successive iterazioni facendo:

$$u_1 = \mu + p \sin \mu$$

e sostituendo questo primo valore u_1 nella relazione successiva:

$$u_2 = \mu + p \sin u_1$$

e così via. Con quattro o cinque di queste iterazioni si ottiene con un calcolatore tascabile un valore sufficientemente preciso di u.

Il valore di p è p = 0,9579327212.

Per effettuare il calcolo speditamente, a questo punto servono due memorie del calcolatore. Nella prima si mette il valore di μ e nella seconda il valore di p.

Con semplici richiami da memoria ed operazioni di moltiplicazione, calcolo di funzione seno e somma, si ottiene rapidamente il valore di u. E' possibile anzi che si ottenga un valore di u che resta costante, cioè dopo una ulteriore iterazione con la formula di cui sopra, il risultato risulta invariato.

La quantità chiamata « anomalia vera » v, che è l'angolo illustrato in figura 3, si ottiene con la formula:

$$v = 2 \text{ arc tang } (t \cdot \text{tang } u/2)$$

in cui t = 1,01686121 è anch'esso, come p, un coefficiente che dipende dalla forma dell'orbita della Terra.

I valori di μ u e v differiscono di poco tra loro: se l'orbita della Terra fosse circolare, essi sarebbero uguali. Questo fatto permette di effettuare un controllo grossolano durante l'esecuzione dei calcoli.

In realtà nei conti che si eseguono con il calcolatore, per valori di u compresi tra 180° e 360° i valori di v che si ottengono sono negativi e bisognerebbe sommare 360° per farli diventare positivi.

In realtà si procede senza sommare questi 360°, ma tenendo conto nei calcoli successivi, del segno negativo di v.

Ottenuto v si passa alla longitudine L con la relazione:

$$L = v + N \cdot 4707 \cdot 10^{-3} + 282^{\circ},5276222 - k \cdot 360^{\circ}$$

con k numero intero scelto in modo che sia L un angolo positivo compreso tra 0° e 360°.

A questo punto si ha per l'ascensione retta α e per la declinazione δ:

$$\alpha = \text{arc tang } (\cos \varepsilon \text{ tang } L) + k_1 \cdot 180^{\circ}$$
$$\delta = \text{arc sin } (\sin \varepsilon \sin L)$$

con $k_1 = 1$ se L compreso tra 90° e 270°; altrimenti $k_1 = 0$.

Il valore di L è strettamente correlato con la posizione del Sole lungo l'Eclittica, come si vede nella figura 3.

L = 90° nel solstizio d'estate, verso il 21 giugno, mentre
L = 270° nel solstizio d'inverno, verso il 21 dicembre.

Quindi, a partire dal 21 giugno fino al 21 dicembre, si deve sempre sommare 180° al valore di α che si trova.

Il valore ε (epsilon) è l'inclinazione dell'eclittica sull'Equatore che vale $\varepsilon = 23°,44240422$.

Il valore di α deve essere esso stesso poco diverso dal valore di L, differendo da esso di pochi gradi. Anche questo serve da controllo grossolano sull'andamento dei calcoli. Se nel calcolo viene fuori un numero negativo, si somma semplicemente 360° come sempre quando si trovano angoli negativi.

Ma non è ancora finito perché si deve passare alle coordinate orarie, cioè si deve passare dalla ascensione retta α al cosidetto angolo orario locale T.

Esso è qualcosa di simile all'ascensione retta, come si vede nella figura 3, ma tiene conto del fatto che l'osservatore ruota con la Terra nel suo moto giornaliero su se stessa.

L'angolo orario di Greenwich T è misurato lungo l'equatore a partire dal punto M fino al punto S.

Nella figura 3 è rappresentato il meridiano di Greenwich (o più esattamente la proiezione di esso sulla sfera di riferimento) che è un cerchio massimo che si muove in ragione di un giro completo lungo l'asse Nord-Sud nel tempo corrispondente ad un giorno siderale ($23^h56^m04^s,09$), e nella direzione indicata dalle frecce.

Conoscere il tempo siderale T_s (che è l'angolo orario del punto γ) ci permette di risalire all'angolo orario di Greenwich. Infatti l'angolo orario di Greenwich è dato semplicemente dalla relazione:

$$T = T_s - \alpha$$

e sommando, come sempre, 360° nel caso sia negativo.

Il valore di T_s è dato dalla relazione:

$$T_s = \text{fr}\,(N \cdot 1{,}002737905 - 0{,}7255573) \cdot 360°$$

nella quale fr indica la parte frazionaria (ossia la parte del numero a destra della virgola) del risultato delle operazioni contenute nelle parentesi.

N è la data come fu definita precedentemente, contenente cioè le frazioni di giorno corrispondenti all'ora, minuti e secondi dell'osservazione.

Il calcolatore anche questa volta ci permette di ottenere il risultato senza interpolazioni, anche se a patto di calcoli un poco più complicati e lunghetti.

Riassumendo, ecco la tabella dei calcoli:

1) Ricavare N

2) $T_s = fr\,(N \cdot 1{,}002737905 - 0{,}7255573) \cdot 360^\circ$

3) $\mu = (N \cdot 0{,}985600267 - 3{,}7290707) - k \cdot 360^\circ$

4) $u_1 = \mu + p \sin \mu$

$u_2 = \mu + p \sin u_1$

. . . .

$u_n = \mu + p \sin u_{n-1}$

$u = \mu + p \sin u_n$

5) $v = 2 \text{ arc tang } (t \cdot \text{tang } u/2)$

6) $L = v + N \cdot 4707.10^{-8} + 282^\circ{,}5276222 - k \cdot 360^\circ$

7) $\delta = \text{arc sin } (\sin \varepsilon \sin L)$

8) $\alpha = \text{arc tang } (\cos \varepsilon \text{ tang } L) + 180^\circ$ se L tra 90° e 270 cioè dal 21 giugno al 21 dicembre

9) $T = T_s - \alpha + k \cdot 360^\circ$

con $p = 0{,}9579327212$

$t = 1{,}01686121$

$\varepsilon = 23{,}44240422$

ESEMPIO DI CALCOLO COMMENTATO

Allo scopo di svincolarsi il più possibile dal meccanismo del programma peculiare per ogni tipo di calcolatore, effettuiamo i calcoli con carta e matita per segnare i dati intermedi.

Così un qualsiasi calcolatore scientifico tascabile potrà essere utilizzato.

Stabiliamo quindi di voler conoscere T_s, T e δ del Sole per il giorno 27 marzo 1976 al tempo $12^h35^m27^s$.

Seguendo la tabella dei calcoli otteniamo successivamente:

(per marzo 1976 - tabella di pagina 62)

$$12^h35^m27^s = 12^h,59083333 = 0^d,5246180556$$

$$N = = 60 + 27 + 0.52..... = 87,52461806$$

$$T_s = 13,93014578 = 13°55',8$$
$$\mu = 82,53521623$$
$$\sin \mu = 0,9915249006$$
$$p \sin \mu = 0,9498141462$$
$$u_1 = \mu + p \sin \mu = 83,48503038$$
$$u_2 = \mu + p \sin u_1 = 83,48696286$$
$$u_3 = \mu + p \sin u_2 = 83,48696652$$
$$u_4 = \mu + p \sin u_3 = 83,48696653$$

ed a questo punto continuando si otterrebbe di nuovo lo stesso risultato, per cui si prende:

$$u = 83,48696653$$
$$\tan u/2 = 0,8923298006$$

$$t \cdot \tan u/2 = 0{,}9073755608$$
$$v = 84{,}43966482$$
$$v + N \cdot 4707 \cdot 10^{-8} = 84{,}44378460$$
$$L = 6{,}971406803$$

avendo tolto 360°, cioè posto k = 1, in modo che L risulti compreso tra 0° e 360°.

$$\sin \varepsilon \sin L = 0{,}0482858561$$
$$\delta = +2{,}767651949 = +2°46',1$$
$$\cos \varepsilon \tan L = 0{,}1121852497$$
$$\alpha = 6{,}400977631$$
$$T = 13{,}93014578 - 6{,}400977631 =$$
$$= 7{,}529168153 = 7°31',8$$

Le Effemeridi Nautiche danno, con l'opportuna interpolazione, i seguenti valori:

$$\delta = +2°46',1$$
$$T_s = 13°55',9$$
$$T = 7°31',9$$

che sono sostanzialmente gli stessi valori.

Mostriamo ora a titolo di esempio gli stessi calcoli eseguiti con il calcolatore HP 21 Hewlett Packard, soffermando la nostra attenzione sulla successione dei tasti da premere.

(impostare anno e mese tabellina)
ENTER
(impostare giorno)
+
(impostare secondi)
ENTER
3600
÷

(impostare minuti)
ENTER
60 ÷ +
(impostare ore)
+ 24 ÷
+ ed appare N = 87.52461806 (prendere nota)
ENTER
ENTER
1.002737905
×
0.7255573
— ed appare 87.03869485
(introdurre il valore intero del numero comparso nel visore, nell'es. 87)
— 360 × ed appare T_s = 13.93014600 (prendere nota)
R ↓
0.985600267
×
3.7290707
— ed appare μ = 82.53521623
360 — (se μ > 360)
ENTER
ENTER
SIN
0.9579327212
STO
× +
SIN ← si ripete finché il risultato non cambia più (3 o 4 volte)
RCL
× + — ed appare finalmente u = 83.48696653
2 ÷
TAN
1.01686121

×
BLU TAN^{-1}
2
× ed appare v = 84.43966482
(si riimposta N, di cui si era preso nota)
ENTER
4707
EEX
8
CHS
× +
282.5276222
+ ed appare L. = 366.9714068
360 — (se L > 360) ed appare L = 6.9714068
(prendere nota del valore L)
ENTER
ENTER
23.44240422
STO
SIN
X ⇆ Y
SIN
×
BLU SIN^{-1} ed appare δ = 2.767651943
(introdurre il valore intero del numero comparso nel visare ed il suo segno, nell'es. 2)
— 60 × ed appare 46.05911658 cioè δ = 2°46',059
X ⇆ Y
TAN
RCL
COS
×
BLU TAN^{-1} ed appare α = 6.400977619
180 + (se L era compreso tra 90 e 270)

CHS
(si riimposta T_s, di cui si era preso nota)

\+ ed appare T = 7.529168381

360 + (se T è negativo)

ENTER
(introdurre il valore intero del numero comparso nel visore, nell'es. 7)

— 60 × ed appare 31.75010286 cioè T = 7°31',750

Ed ecco un secondo esempio, riferito al giorno 30 novembre 1976, ore $00^h00^m00^s$.

$$N = 305 + 30 = 335$$
$$T_s = 68.990715 = 68°59',4$$
$$\mu = 326.4470187$$
$$u_1 = 325.9175618$$
$$u_2 = 325.9102075$$
$$u_3 = 325.9101056$$
$$u = 325.9101042$$
$$v = -34.63058736$$
$$v + N \cdot 4707 \cdot 10^{-8} = -34.61481891$$
$$L = 247.9128033$$
$$\delta = -21.63124601 = -21°37',9$$
$$\alpha = 66.13993981 + 180 = 246.1399398$$
$$T = 68.990715 - 246.1399398 + 360 = $$
$$= 182.8507752 = 182°51',0$$

Le Effemeridi Nautiche danno i valori:

$$\delta = -21°37',7$$
$$T_s = 68°59',5$$
$$T = 182°50',9$$

Effettuando il calcolo con un calcolatore Texas SR 56, si sfrutta la sua capacità di essere programmato. Il calcolo si imposta così:

LRN
(caricare programma)
LRN
RST

Il programma da inserire è il seguente:

RCL 0
× RCL 3
— RCL 4
= STO 7
+ (
x⇆t
— CE =
Sin
× RCL 5
+ RCL 7
= INV
2nd x = t
11
÷ 2 =
Tan
× RCL 6 =
INV Tan
× 2 +
RCL 9
+ RCL 0
× 4707
EE 8 +/—
= INV EE
STO 7

Sin
× RCL 8
Sin
= INV Sin
R/S
RCL 0
× RCL 1
— RCL 2
=
2nd INV Int
× 360 — (
RCL 7
Tan
× RCL 8
Cos
) INV Tan
=
R/S

Per essere sicuri dei calcoli che faremo con questo programma, vogliamo fare una prova su dati noti, di cui conosciamo il risultato.

La prova che abbiamo preparato consiste nell'impostare:

100
STO 0
CLR
RST
R/S
si ottiene 7.54368148
R/S
si ottiene 179.5815332

Se si ottengono dei valori differenti, o se il calcolatore segnala l'esistenza di un errore (per questo calcolatore ciò è segnalato dal lampeggiare del visore), vuol dire che c'è qualcosa che non funziona nel programma e quindi bisogna o controllarlo oppure riiinserirlo nuovamente nel calcolatore.

I valori dei parametri da caricare nel calcolatore, beninteso prima di effettuare qualsiasi calcolo, anche quello di prova, sono i seguenti:

1.002737905	STO 1
0.7255573	STO 2
0.985600267	STO 3
3.7290707	STO 4
0.9579327212	STO 5
1.01686121	STO 6
23.44240422	STO 8
282.5276222	STO 9

Per utilizzare il programma per calcolare effettivamente, si procede nel seguente modo. Innanzi tutto si azzera facendo CLR ed RST.

Si calcola quindi il valore di N e lo si memorizza nel seguente modo:

(impostare anno e mese secondo la tabella)
+
(impostare giorno)
+
(impostare ore)
÷ 24 +
(impostare minuti)
÷ 1440 +
(impostare secondi)
÷ 86400 =
STO 0

Si dà allora l'avvio al programma con il comando R/S ottenendo il valore di δ; ripetendo poi R/S si ottiene il valore di T.

Questo valore di T va analizzato in questo modo: se ci si trova in una data compresa tra il solstizio d'estate e quello d'inverno, cioè tra il 21 giugno ed il 21 dicembre, allora si devono sommare 180° al valore trovato.

Naturalmente il calcolatore, anche se programmato, può essere usato normalmente per calcoli intermedi che non abbiano bisogno di memorie.

Quando il calcolatore è programmato occorre fare attenzione a non cancellare inavvertitamente il programma con i comandi CP oppure le memorie con CMs, oppure ancora passando in LRN e modificare qualche istruzione in modo non voluto.

Si ricordi che i comandi fondamentali, a calcolatore programmato, sono RST e CLR che azzerano la sequenza dei calcoli ed i registri ed il comando R/S che dà la partenza.

Se si commette un qualche errore nel premere questi tasti di comando, niente paura di dover rifare tutto: basta azzerare e ricominciare con R/S.

Esiste la possibilità, abbastanza improbabile tuttavia, che non avvenga la corretta operazione di confronto del passo 26 del programma dove si fa: 2nd x = t. Ciò a causa di una particolarità del metodo di accumulazione nei registri del calcolatore, cioè di un fatto « costruttivo » del calcolatore stesso. Questa anomalia causa il non arresto del programma: il calcolatore continua a calcolare e non si arresta più!

Per esempio, per il giorno 17 luglio 1977, ore 11, si ha

$$N = 547 + 17 + \frac{11}{24} = 564.4583333$$

ed il calcolatore una volta avviato non si arresta più. In tal caso dopo fermata l'esecuzione premendo R/S, si azzera con CLR ed RST poi si somma al valore di N suddetto, un numero molto piccolo, per esempio 0.00000001, dopodiché tutto si svolge in modo normale.

INTERPOLAZIONE

L'interpolazione è un calcolo che si effettua allorché si vuole il valore di una funzione tabellata intermedio tra due valori effettivi della tabella.

Per ottenere il valore della declinazione e dell'angolo orario del Sole corrispondente ad un tempo qualunque, si effettua una interpolazione sulle Effemeridi Nautiche, che forniscono questi dati di ora in ora.

Il metodo vale anche per ottenere i dati suddetti partendo da una tabella di valori calcolata per ogni ora.

Per il calcolo dell'interpolazione si può utilizzare utilmente un calcolatore scientifico tascabile.

Come nostro solito eseguiremo un calcolo come esempio per spiegare il metodo.

Si abbiano i seguenti valori tra cui dover interpolare:

ora Gr.	T	δ
8	303°26',5	— 7°51',6
9	318°26',7	— 7°52',6

e si vogliano i due valori T e δ corrispondenti ad un'ora di Greenwich $8^h22^m32^s$.

Chiaramente avverrà che T e δ avranno valori intermedi tra quelli della tabella. Calcoliamoli.

Facciamo innanzi tutto le differenze tra le coppie di valori di T e δ (valore maggiore meno valore minore).

$$\Delta T = 318°26',7 - 303°26',5 = 15°00',2 = 15°.0033...$$

$$\Delta\delta = 7°52',6 - 7°51',6 = 1',0$$

Si è trasformato T in gradi e decimali, dividendo 0',2 per 60 e sommando il risultato a 15°.

La frazione di tempo tra 8^h e 9^h nel caso in esame è:

$$22^m32^s = \frac{22}{60} + \frac{32}{3600} = 0^h.37555...$$

Ora basta moltiplicare questo valore, che rappresenta la frazione « mancante », per i due valori ΔT e $\Delta\delta$:

$$15°.003333 \times 0.375555 = 5°.634585185 \simeq 5°38',1$$

$$1'.0 \times 0.375555 \simeq 0'.4$$

Questi due valori si sommano ora ai valori corrispondenti all'ora 8^h.

Per quanto riguarda la declinazione, si trascura per il momento il segno negativo, ossia non si fa una somma algebrica.

Si deve fare anche attenzione al fatto che la declinazione potrebbe decrescere, nel qual caso, sempre trascurando il segno, il valore ora calcolato deve essere sottratto.

D'altra parte la cosa è abbastanza ovvia, se vogliamo che il risultato sia « intermedio » ai due valori tabellari. Insomma ci si deve aiutare un po' con il ragionamento.

Sommando allora i valori corrispondenti all'ora 8^h si avrà:

$$T = 303°26',5 + 5°38',1 = 309°04',6$$

$$\delta = 7°51',6 + 0',4 = 7°52',0 \text{ (Sud oppure —)}$$

Cioè dopo effettuati i calcoli si può rimettere il segno a δ, segno che finora avevamo trascurato.

Per questo calcolo abbiamo preparato un programma per l'SR 56 che serve per fare interpolazioni tra valori calcolati ora per ora, come avviene effettivamente nelle Effemeridi Nautiche. Il programma è il seguente:

2nd Subr 78

÷ 60 =

STO 7
R/S
2nd Subr 78
STO 1
R/S
2nd Subr 78
— RCL 1 =
2nd x $\geq$ t
31
+ 360 =
× RCL 7
+ RCL 1
— 360 =
2nd x $\geq$ t
50
+ 360 =
2nd Subr 89
R/S
2nd Subr 78
STO 2
R/S
2nd Subr 78
— RCL 2 =
× RCL 7
+ RCL 2 =
2nd Subr 89
R/S
— (
2nd INV Int
— CE
÷ . 6 =
2nd rtn
— (

2nd INV Int
— CE
× . 6 =
2nd rtn

Il programma si usa in questo modo:

LRN
(caricare programma)
LRN
RST

E per calcolare effettivamente:

(caricare il tempo intermedio in minuti, secondi)
R/S
(caricare il primo valore di T in gradi, primi e decimi)
R/S
(caricare il secondo valore di T in gradi, primi e decimi)
R/S
(si ottiene T interpolato in gradi, primi e frazioni decimali)
(caricare il primo valore di δ in gradi, primi e decimi)
R/S
(caricare il secondo valore di δ in gradi, primi e decimi)
R/S
(si ottiene δ in gradi, primi e frazioni decimali)
CLR
RST

Una particolarità interessante di questo programma è che esso provvede alle conversioni: si entra con i valori angolari espressi in gradi, punto decimale, primi e frazioni decimali di primo. In uscita i dati vengono ottenuti allo stesso modo: gradi (punto) primi e frazioni decimali di primo.

Purtroppo non è stato possibile introdurre questa particolarità nel programma che calcola angolo orario e declinazione del Sole. Non sempre il numero di passi che resta libero dopo aver programmato il calcolatore è sufficiente per farci stare l'aggiunta di programma necessaria alle conversioni.

Come prova si utilizzi il seguente esempio:

tempo intermedio	=	27^m35^s
T (1° valore)	=	357°15',3
T (2° valore)	=	12°17',4
δ (1° valore)	=	— 11°11',1
δ (2° valore)	=	— 11°16',6

I valori calcolati che si ottengono sono:

T	=	4°10'.0154167
δ	=	— 11°13'.628472

Diamo alcuni esempi di numeri che si ottengono come risultato con, a fianco riportato, il loro significato:

2.3	=	2°30',0
0.012	=	0°01',2
77.25333...	=	77°25',3
45.2	=	45°02',0

Il modo di interpretare questi numeri vale anche per gli altri esempi in cui si effettuano le conversioni all'atto dell'uscita dei dati dal calcolatore, da gradi e frazioni decimali di grado in gradi, primi e frazioni decimali di primo. Vale cioè per i programmi che calcolano le altezze corrette dagli errori di rifrazione, depressione e semidiametro e che risolvono il triangolo di posizione.

PRECISIONE DEI METODI

Il metodo esposto per il calcolo dell'angolo orario e della declinazione del Sole è molto preciso, tuttavia dopo qualche anno è possibile che alcuni errori nei coefficienti si sommino in modo tale da avere uno scarto, sia pure molto piccolo, dai valori delle Effemeridi Nautiche.

Nel calcolo di queste viene tenuto conto della variazione di alcuni dei parametri nel tempo.

Nel nostro metodo, allo scopo di non appesantire ulteriormente la materia, tali correzioni sono state trascurate. Per il momento non è il caso di preoccuparsi poiché ci aspettiamo che per qualche anno non ci siano problemi.

Tra qualche anno, sulla base di un libro di Effemeridi Nautiche recente, effettueremo un controllo di corrispondenza dei valori, correggendo per quel pochissimo che sarà sufficiente, alcuni dei parametri che influiscono di più sulla precisione dei risultati.

I parametri più delicati in questo senso sono quelli che rigurdano il calcolo di T_s. Successivamente in ordine di importanza intervengono quelli che riguardano il calcolo di μ. Poi è la volta del valore della latitudine del perielio (282°,5276...). Gli altri parametri, pur variando un poco anch'essi nel tempo, influiscono meno, sempre tenendo conto dell'ordine di grandezza della precisione che desideriamo. Essa è generalmente dell'ordine di $0',1 \div 0',2$.

L'errore che una imprecisione così ingenera nel calcolo del punto è dell'ordine del decimo di miglio. Questo errore è inferiore alle imprecisioni nella lettura del sestante e nella determinazione dell'ora.

Viceversa, per quanto riguarda i calcoli relativi alla retta di altezza, la precisione del metodo è, per così dire, assoluta, in

quanto non si dipende da tavole (con le relative interpolazioni che possono ingenerare errori) né dal valore di coefficienti.

La precisione del metodo è quella del calcolatore scientifico tascabile usato e sappiamo che ci possiamo fidare perché i calcoli avvengono con 10 o più cifre decimali.

In ogni caso è più preciso l'uso del calcolatore che quello delle tavole HO 214 od HO 249, a parte gli altri vantaggi, come quello di usare come punto di partenza della retta di altezza (punto ausiliario) il punto stimato, qualsiasi esso sia. Alla fine questi vantaggi si risolvono in una maggiore precisione.

CONCLUSIONE

Ci eravamo proposti di attirare l'attenzione dell'appassionato di navigazione astronomica sulla rivoluzione in atto causata dalla diffusione dei calcolatori scientifici tascabili.

In particolare, una volta in possesso del nuovo giocattolo e visto che la sua utilizzazione per la sostituzione delle tavole HO 214 ed HO 249 è quasi immediata, si è voluto far vedere che, sia pure a patto di calcoli un poco più lunghi e complicati, è possibile calcolarsi i valori dell'angolo orario e della declinazione del Sole che sono necessari per calcolare la retta d'altezza.

Tali valori venivano finora ottenuti ricavandoli dalla pubblicazione annuale dell'Istituto Idrografico della Marina, brevemente chiamata Effemeridi Nautiche.

In verità tale complicazione di calcoli è soltanto apparente poiché la pratica e l'uso ripetuto consentono di raggiungere un notevole automatismo nello sviluppo dei calcoli stessi. Il consiglio migliore è di provare senz'altro a ripetere, calcolatore alla mano, gli esempi illustrati, in modo da rendersi direttamente conto delle difficoltà e di acquistare la pratica sufficiente per procedere poi speditamente con calcoli nuovi.

In questa impresa è senz'altro determinante la qualità del calcolatore scientifico tascabile. Con un calcolatore programmabile, i calcoli ripetitivi, come gli ultimi per ricavare i dati delle Effemeridi Nautiche per il Sole, si svolgono molto più facilmente e con sicurezza maggiore.

Una volta fatta la prova del programma e controllato i risultati, ogni altro calcolo è sicuramente esatto.

Questo vantaggio è inestimabile: tutti i calcoli sono sicuri e rigorosamente precisi, perché si riesce a scindere l'azione del cal-

colatore nelle due funzioni elementari, solo ora completamente separate, della programmazione e del calcolo.

Sono stati riportati parecchi esempi di calcolo e di programmazione effettuati sulla base dei due calcolatori scientifici portatili HP 21 ed SR 56.

Lo scopo non è di invogliare all'acquisto di questo o quel calcolatore, lasciamo cioè libero il lettore di scegliere per suo conto.

Tuttavia pensiamo che non sia poi così difficile « trasferire » letteralmente i programmi riportati nel libro su calcolatori di tipo diverso da quelli illustrati, una volta affrontati i problemi teorici generali ampiamente dibattuti.

I programmi di un certo interesse per la navigazione che abbiamo riportato nel nostro manuale sono i seguenti:

(HP 21) Distanza ortodromica tra due punti
(SR 56) Distanza ortodromica tra due punti (manuale)
(SR 56) Distanza ortodromica tra due punti (progr. autom.)
(HP 21) Calcolo del triangolo di posizione
(SR 56) Calcolo del triangolo di posizione (progr. autom.)
(SR 56) Calcolo dell'altezza corretta (progr. autom.)
(HP 21) Calcolo dell'angolo orario e declinaz. del Sole
(SR 56) Calcolo dell'angolo orario e declinaz del Sole (progr. aut.)
(SR 56) Calcolo dell'interpolazione di T e δ (progr. autom.).

Si consiglia di prepararsi una serie di « schede », una per ognuno dei programmi utili per la navigazione, in base al calcolatore che si possiede, corredate anche del calcolo di prova.

Queste schede possono essere utilissime nell'uso pratico del calcolatore, senza più la necessità di consultare il libro, che resta tuttavia una guida utile per l'apprendimento dei metodi.

FINITO DI STAMPARE IL 30 SETTEMBRE 1977
PER I TIPI DELLE INDUSTRIE GRAFICHE
V. LISCHI E FIGLI - PISA

IL TAGLIAMARE

VOLUMI PUBBLICATI:

GIORNATE NERE
12 storie di mare

Mauro Mancini
NAVIGARE LUNGOCOSTA 1
Dal Golfo della Spezia all'Argentario, l'Arcipelago Toscano e la Corsica

Rodolfo Betti
LA TOSCANA SOTT'ACQUA
Itinerari di caccia subacquea

Mario Gianoli D'Artogna
VENTURE DI MARE
Da Noè ai Vichinghi

Sciomachen, Casoli, D'amelia
HO COMINCIATO COSÌ
Storie vere di tre yachtsmen

Antonio Fulvi
IN GROPPA AL MARE
Manuale dei battelli pneumatici

Filiberto Romano
LA STABILITÀ DELLE BARCHE
Manuale di calcolo e di ragionamento

Pompeo Aloisi de Larderel
DA POPPA A PRUA
Dizionario nautico

Capitan Ventodiprua
NAUTICA DISEGNATA
Manuale a fumetti per navigare

Antonio Fulvi
2000 MIGLIA IN GOMMONE
Attraverso il Mediterraneo in solitario

Giancarlo Scrivani
IL MEDICO A BORDO
Manuale per la salute del marinaio

Rodolfo Betti
PREDE SPORTIVE DEL SUB
La caccia subacquea in apnea

Capitan Ventodiprua
L'ELBA A VELA E A MOTORE
La riscoperta di un piccolo continente

Luciano Benzan
IL SESTANTE È FACILE
La navigazione strumentale per tutti

Berti-Fratoni
IL RADIOTELEFONO DI BORDO
Le comunicazioni in mare

Filiberto Romano
LA BARCA IN FERRO-CEMENTO
Manuale di costruzione

Guido Parigi
I PORTI: CORSICA E SARDEGNA

Fabio Rusconi
LE MIE VACANZE NAUTICHE
in tenda e in gommone fino al Circolo Polare

Guido Parigi
I PORTI: COSTA AZZURRA, LIGURIA E TOSCANA

Mauro Mancini
NAVIGARE LUNGOCOSTA 2
Dalla Calabria a Malta

Guido Parigi
I PORTI: L'ADRIATICO

Vassili Bonucci - IN CANOA
con 54 carte del Po e della Laguna Veneta

Ernesto Gastaldi
I QUARANTA BELANTI
In crociera sopra la Sgnuffi

Adriano Betti Carboncini
L'UFFICIALE DI ROTTA
per la marina da diporto

Roberto Mannucci
IL SESTANTE
metodo Mannucci

Capitan Ventodiprua
RADIOFARI DELLA MARINA E DELL'AERONAUTICA

Mauro Mancini
NAVIGARE LUNGOCOSTA 3
Dall'Argentario a S. Maria di Leuca

(In copertina: Simona Vigna)

Ecco come si possono utilizzare i calcolatori elettronici tascabili per effettuare i calcoli che ricorrono nella determinazione del punto nave astronomico.
Solitamente i manuali di istruzione dei calcolatori di tipo scientifico riportano esempi di utilizzazione nel campo della navigazione piana, ad esempio calcolo di rotte ortodromiche, correzione dell'effetto di correnti, ecc.
Più di rado vengono invece trattati esaurientemente argomenti nel campo della navigazione astronomica.
Questo libro è diretto a coloro che si interessano a problemi di questo tipo, dilettanti di astronomia nautica o marinai « professionisti », ed insegna nella maniera più semplice l'utilizzazione dei calcolatori tascabili in sostituzione delle tavole nautiche come le HO 214 o le HO 249.
L'appassionato disposto a qualche sacrificio mnemonico in più troverà il metodo per risolvere il problema della retta di altezza facendo a meno anche delle Effemeridi Nautiche, in quanto viene spiegato come calcolare direttamente l'angolo orario e la declinazione del Sole partendo dalla data e dall'ora di osservazione.
Non si fa riferimento ad un tipo particolare di calcolatore, ma vengono presi come esempio due tipi tra i più conosciuti per i quali si riportano i « programmi » di calcolo, cioé l'insieme dei comandi da eseguire in successione.



Silvano REBOLA è nato a Torino nel 1929; si diletta di astronomia nautica da molti anni. Dal 1967 naviga su barche a vela per lo più come crocierista, non disdegnando tuttavia anche la regata occasionale. E' proprietario di una barca a vela di 9 metri e mezzo che utilizza in crociere familiari durante le vacanze estive.

L. 2500
(2358)